



**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**

**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL  
ESPECIALIDAD ELECTRÓNICA INDUSTRIAL**

**“CENTRALITA DE CONTROL CON  
MICROPROCESADOR DE UN SISTEMA DE ENERGÍAS  
RENOVABLES”**

Autor: Rubén Darío Crespo Sánchez  
Tutor: Dr. D. Luis Hernández Corporales

Enero, 2009

# Índice

Índice .....	1
Resumen .....	3
1. Introducción.....	5
1.1. Introducción a la Energía Solar .....	6
1.2. Baterías .....	10
1.3. Cálculo de los requisitos de la instalación.....	13
1.4. Requisitos del controlador .....	16
2. Diseño del sistema .....	18
2.1. Elección de los principales componentes .....	21
3. Diseño del Hardware .....	24
3.1. Medidor de tensión .....	25
3.2. Medidor de corriente continua.....	26
3.3. Medidor de corriente alterna.....	29
3.4. Shunt.....	33
3.5. Diodos potencia .....	34
3.6. Comunicación serie .....	35
3.7. Reguladores de tensión.....	37
3.8. Reset del microcontrolador.....	37
3.9. Leds .....	38
3.10. Circuito activación relé.....	39
3.11. Relé.....	39
3.12. Microcontrolador .....	41
4. Diseño del Firmware .....	44
4.1. Descripción de la operación del sistema.....	45
4.2. Herramientas software.....	53
4.3. Listado comentado.....	57
5. Diseño del Software de Visualización.....	59
6. Construcción y pruebas .....	62
6.1. OrCad – Layout .....	62
6.2. Fotos del montaje.....	68
6.3. Medidas .....	70
6.4. Fotos del sistema en operación con el PC comunicándose .....	75
6.5. Software de Visualización .....	78
7. Conclusiones.....	80
8. Bibliografía.....	82
9. Presupuesto.....	85

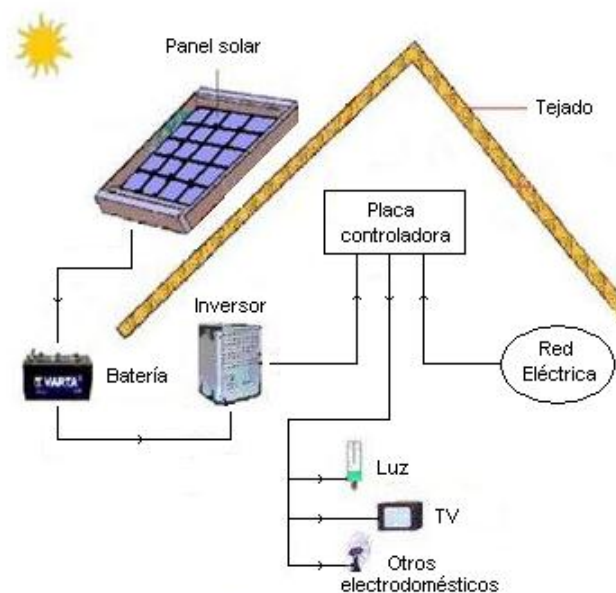
10.	Anexos .....	90
10.1.	Esquemas .....	90
10.2.	Listados Firmware .....	95
10.2.1.	Listado del programa principal.....	95
10.2.2.	Listado del programa de configuración del microcontrolador .....	107
10.3.	Listados Software de Visualización .....	110
10.4.	Hojas de características .....	115

## Resumen

En el presente proyecto se desarrolla un sistema que controla una instalación de energías renovables de una vivienda. En concreto se trata de energía solar, aunque también sería apto para energía eólica.

Para poder suministrar la totalidad de la electricidad a una vivienda con energía solar, son necesarios un número elevado de paneles solares. Así se crea una necesidad de poder paliar la diferencia de energía mediante la red eléctrica.

Para esa necesidad se desarrolla este proyecto. Su función es mantener un suministro continuo de corriente eléctrica a la vivienda, ya sea mediante energía solar o mediante la red eléctrica. Mediante unos paneles solares y un sistema de baterías, se proporcionará alimentación para bajos consumos como alumbrado, etc. Cuando sea necesaria mucha potencia se usará la corriente de la red eléctrica.



**Esquema principal de la instalación.**

Para llevar a cabo este proyecto es necesario diseñar un circuito electrónico que sea capaz de combinar el suministro de corriente eléctrica de la vivienda entre los paneles solares y las baterías con la red eléctrica.

El circuito electrónico contiene un microcontrolador, que recibe información del estado del sistema como el estado de carga de las baterías y el consumo de la vivienda.

El circuito electrónico también incluye un regulador de carga, para evitar que las baterías se sobrecarguen.

Como complemento, este sistema permite conectar un PC a la instalación para saber el balance de energías. Se puede saber si la vivienda recibe corriente de la red o de las baterías, si las baterías se están cargando o descargando, el nivel de carga de la batería, etc.

# Capítulo 1

# **Introducción**

# 1. Introducción

El presente proyecto es un sistema que controla una instalación de energías renovables para su uso en una vivienda. Lo que se pretende es que mediante la energía solar se pueda suministrar energía eléctrica a una vivienda. Existe un problema que hace que sea prácticamente imposible abastecer una vivienda normal con energía solar. El problema es que para que la energía solar sea suficiente para abastecer la vivienda requiere instalar alrededor del doble de superficie de paneles solares que de tejado. Para solucionar ese problema se ha diseñado el presente proyecto. Lo que se pretende es poder abastecer a la vivienda continuamente de energía eléctrica. Para conseguir esto, se ha diseñado un sistema que sea capaz de alimentar una vivienda con corriente eléctrica, bien sea su procedencia de la energía solar o de la red eléctrica. Este es el punto más importante y de mayor relevancia de este proyecto. Su finalidad es poder conmutar entre la red eléctrica o la energía solar para abastecer la vivienda. En el diseño se ha elaborado esto, y además ciertos sistemas para la medición de corrientes para obtener información del sistema. También se le ha dotado de un sistema para poder saber el estado de abastecimiento de energía de la vivienda. Todo ello se consigue con una placa de control en la que se instala un microcontrolador.

Este proyecto se realiza sobre una vivienda, con unos paneles solares instalados, y unas baterías para almacenar la energía y poder generarla en horas en las que no luzca el sol. En la Figura 1.1. se muestra un esquema de la instalación.

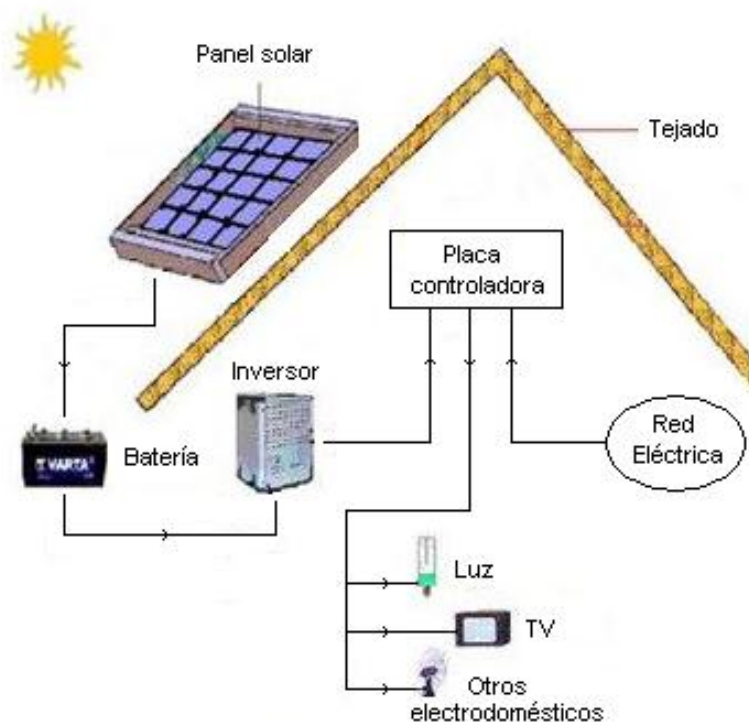


Figura 1.1. Esquema de la instalación.

Como se observa en la figura, el panel solar almacena su energía en una batería, la cual da corriente a la vivienda mediante un inversor, ya que la vivienda funciona con corriente alterna. La placa controladora es la encargada de decidir con que fuente se alimenta la vivienda, si mediante el inversor, es decir, con energía renovable, o mediante la red eléctrica cuando el consumo es superior a lo que pueden suministrar las baterías.

Además, para evitar daños en la batería, se instalará un regulador que intentará mantener el punto óptimo de carga de la batería.

En la placa controladora se incluye un microcontrolador y un relé. El relé es el que seleccionará una fuente de energía u otra. En caso de ser unas condiciones óptimas, poco consumo y buena carga de batería, la vivienda se alimentará de energía solar. En el caso de tener unas condiciones adversas, es decir, alto consumo o batería con poca carga, la vivienda se alimentará de la red eléctrica.

En una vivienda real será necesario instalar varios paneles solares y también varias baterías para poder abastecer a la vivienda de la corriente necesaria. Para saber el número exacto de paneles y baterías, y también la potencia necesaria es preciso realizar unos cálculos. Estos cálculos vienen detallados en los apartados siguientes.

## 1.1. Introducción a la Energía Solar

La energía solar es la energía obtenida directamente del Sol. La radiación solar incidente en la Tierra puede aprovecharse, por su capacidad para calentar, o directamente, a través del aprovechamiento de la radiación en dispositivos ópticos o de otro tipo. Es un tipo de energía renovable y limpia, lo que se conoce como energía verde.

La potencia de la radiación es diferente en función de unos factores. Depende del momento del día en el que se esté, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Se puede asumir que en buenas condiciones de irradiación el valor es de aproximadamente  $1000 \text{ W/m}^2$  en la superficie terrestre.

La radiación es aprovechable en sus componentes directa y difusa. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas las direcciones.

Según los informes de Greenpeace, la fotovoltaica podrá suministrar electricidad a dos tercios de la población mundial en 2030.

El rendimiento es una cuestión importante a tener en cuenta en la energía solar. Cada sistema tiene diferentes rendimientos. Los típicos de una célula fotovoltaica (aislada) de silicio policristalino oscilan alrededor del 10%. Para células de silicio monocristalino, los valores oscilan en el 15%.

También la energía solar termoelectrica de baja temperatura, con el sistema de nuevo desarrollo, ronda el 50% en sus primeras versiones. Tiene la ventaja que puede funcionar 24 horas al día a base de agua caliente almacenada durante las horas de sol.

Los paneles solares fotovoltaicos tienen un rendimiento en torno al 15 % y no producen calor que se pueda reaprovechar (aunque hay líneas de investigación sobre paneles híbridos que permiten generar energía eléctrica y térmica simultáneamente). Sin embargo, son muy apropiados para instalaciones sencillas en azoteas y de autoabastecimiento (proyectos de electrificación rural en zonas que no cuentan con red eléctrica), aunque su precio es todavía algo elevado. Para incentivar el desarrollo de la tecnología para igualar el precio de obtención de la energía solar fotovoltaica al de otras fuentes más económicas en la actualidad, existen primas a la producción, que garantizan un precio fijo de compra por parte de la red eléctrica. En el caso de Alemania, Italia o España.

Según el 21º Estudio del World Energy Council, para el año 2100 el 70% de la energía consumida será de origen solar.

Existen distintas tecnologías y usos de la energía solar como:

- Energía solar pasiva: Aprovecha el calor del sol sin necesidad de mecanismos o sistemas mecánicos.
- Energía solar térmica: Para producir agua caliente de baja temperatura para uso sanitario y calefacción.
- Energía solar fotovoltaica: Para producir electricidad mediante placas de semiconductores que se alteran con la radiación solar.
- Energía solar termoelectrica: Para producir electricidad con un ciclo termodinámico convencional a partir de un fluido calentado a alta temperatura (aceite térmico).
- Energía solar híbrida: Combina la energía solar con otra energía.
- Energía eólico solar: Funciona con el aire calentado por el sol, que sube por una chimenea donde están los generadores.

La que interesa en el presente proyecto es la energía solar fotovoltaica que es una forma de obtención de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos.

Los paneles, módulos o colectores fotovoltaicos están formados por dispositivos semiconductores tipo diodo que, al recibir radiación solar, se excitan y provocan saltos electrónicos, generando una pequeña diferencia de potencial en sus extremos. El acoplamiento en serie de varios de estos fotodiodos permite la obtención de voltajes mayores en configuraciones muy sencillas y aptas para alimentar pequeños dispositivos electrónicos.

La corriente eléctrica continua que proporcionan los paneles fotovoltaicos se puede transformar en corriente alterna, que es la corriente con la que funcionan las luces y los aparatos electrónicos y eléctricos de las viviendas.

Los módulos fotovoltaicos o colectores solares fotovoltaicos (llamados a veces paneles solares, aunque esta denominación abarca otros dispositivos) están formados por un conjunto de celdas (células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la



luz que incide sobre ellos. La potencia máxima que puede suministrar un módulo se denomina potencia pico.

Las placas fotovoltaicas se dividen en:

- Cristalinas
  - Monocristalinas: se componen de secciones de un único cristal de silicio (reconocibles por su forma circular o hexagonal).
  - Policristalinas: cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas.
- Amorfas: cuando el silicio no se ha cristalizado.

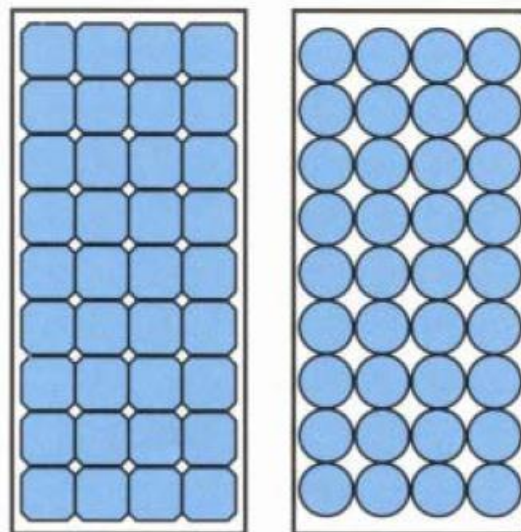
Su efectividad es mayor cuanto mayores son los cristales, pero también su peso, grosor y coste. El rendimiento de las primeras puede alcanzar el 20% mientras que el de las últimas puede no llegar al 1%, sin embargo su coste y peso es muy inferior.

Esta efectividad también se determina en su geometría.

Las primeras versiones de las monocristalinas eran redondas, pues el cristal puro tenía una sección circular. Versiones más recientes tienen una forma más cuadrada.

Las células policristalinas son cuadradas porque el molde donde se vierte el semiconductor fundido tiene esta forma.

La forma cuadrada permite un mayor compactado de las mismas dentro del panel fotovoltaico, disminuyendo la superficie que se necesita para colocar un determinado número de células. Se puede comprobar en la Figura 1.2.



**Figura 1.2. Eficiencia de empaque.**

La industria de baterías precedió a la de los sistemas fotovoltaicos, de manera que la adopción de 12V para el voltaje de salida del panel era una opción práctica. Por

otra parte, este valor no demanda la conexión de un número excesivo de células en serie.

En principio, se necesitaría conectar un mínimo de 24 células en serie para alcanzar un voltaje nominal de salida de 12V. Los paneles comerciales contienen un mayor número de ellas (36 o más). La explicación se tendrá cuando se analice la curva I-V del panel.

La implementación de un sistema fotovoltaico doméstico requiere el uso de paneles con potencias de salida entre 60 y 100 vatios.

Todo generador tiene una curva típica para la potencia de salida en función de la corriente de carga. El panel fotovoltaico también tiene esta curva. La curva I-V de un panel fotovoltaico asocia los valores de tensión y corriente para diferentes cargas. La potencia de salida para una condición de trabajo está dada por el producto de los valores de corriente y tensión correspondientes.

Existen dos variables que afectan la potencia de salida: la cantidad de irradiación ( $\text{W/m}^2$ ) y la temperatura de trabajo del panel ( $^{\circ}\text{C}$ ). La variación debida al nivel de irradiación sirve para estimar la acción de nubes pasajeras o de cielo totalmente nublado. Estas curvas contemplan la irradiación total (directa y reflejada) que recibe el panel. En la práctica, dependiendo del terreno, o de reflejos de la luz por otras nubes, el nivel de salida puede incrementarse o decrementarse.

La Figura 1.3. muestra la curva I- V de un panel a  $25^{\circ}\text{C}$ . Esta curva es muy importante porque las especificaciones eléctricas se derivan de mediciones hechas a esa temperatura.

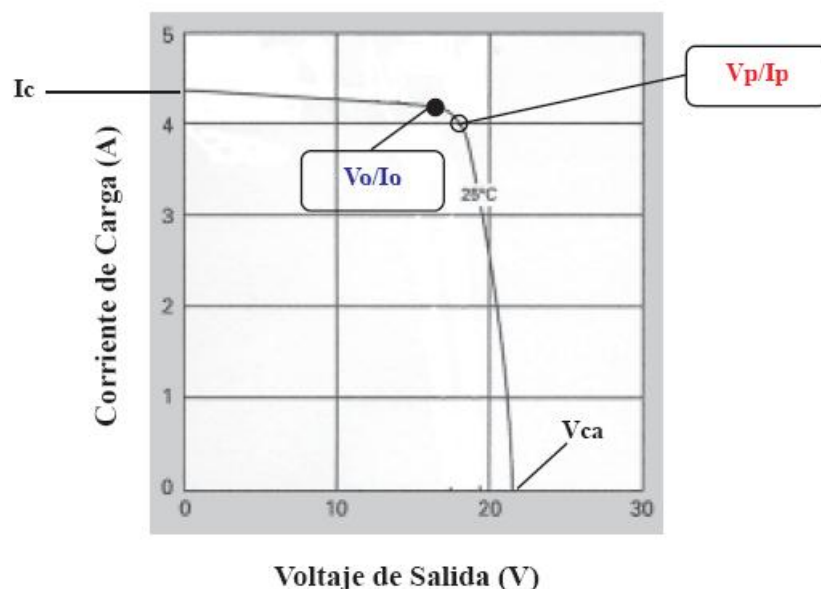


Figura 1.3. Curva I-V de un panel solar a  $25^{\circ}\text{C}$ .

Cuando el circuito exterior no está conectado (corriente nula), el voltaje de salida ( $V_{ca}$ ) alcanza el valor máximo (Voltaje a circuito abierto).

Cuando el voltaje de salida es nulo (cortocircuito) la corriente de salida alcanza su valor máximo ( $I_{cc}$ ). Para ambos puntos la potencia de salida es nula.

Consecuentemente, un cortocircuito entre los terminales de salida del panel no dañará al mismo.

Entre estos dos valores, la potencia de salida alcanza el valor pico ( $W_p$ ). Los valores de voltaje ( $V_p$ ) y corriente ( $I_p$ ) que generan el máximo a  $25^\circ\text{C}$  son llamados picos o máximos, dependiendo del fabricante.

La Figura 1.4. muestra las curvas I-V para tres temperaturas de trabajo.

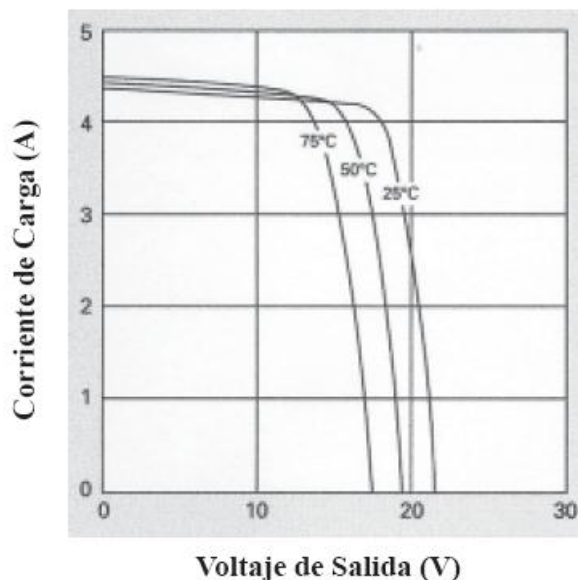


Figura 1.4. Curva I-V para 25, 50 y  $75^\circ\text{C}$ .

Se observa que cuando la temperatura de trabajo sube,  $I_{cc}$  se incrementa levemente, mientras que  $V_{ca}$  disminuye sensiblemente. Como es importante que el panel sea capaz de mantener o incrementar la carga del banco de baterías cuando la temperatura de trabajo se eleva, se usan 36 (o más) células en serie por panel, en lugar de las 24 derivadas por cálculo.

Un elevado valor para  $V_{ca}$  a  $25^\circ\text{C}$  (más de 18V), garantiza que el voltaje de salida del bloque generador no cae por debajo del de baterías, cuando la temperatura ambiente es elevada.

## 1.2. Baterías

Las baterías son un elemento muy importante en una instalación de energía solar fotovoltaica. Las baterías se encargan de almacenar la energía producida por los paneles solares. Hay varios tipos de baterías, pero las que ofrecen el mejor balance entre costo y duración son las baterías de Plomo-ácido.

El mecanismo que permite la utilización de una batería recargable como una fuente portátil de energía eléctrica consiste en una doble conversión de energía, llevada

a cabo mediante el uso de un proceso electro-químico reversible. En la Figura 1.5. se puede ver una celda de Plomo-ácido cargada (izquierda) y descargada (derecha).

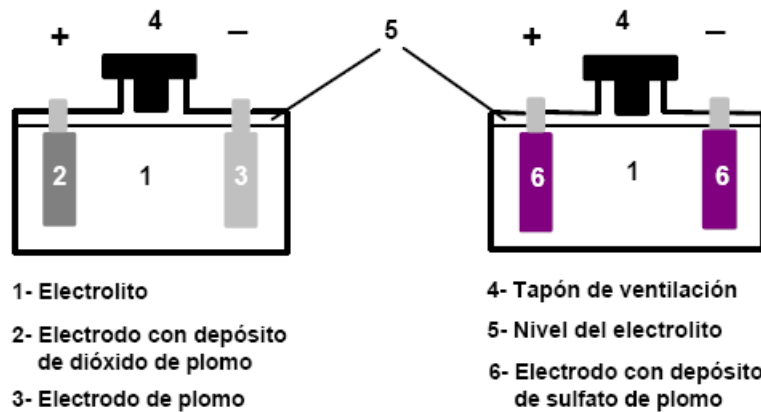


Figura 1.5. Batería de Plomo-ácido cargada (izq.) y descargada (dcha.).

Las baterías usadas en los sistemas fotovoltaicos se denominan baterías solares. Como estas baterías admiten un alto porcentaje de descarga, suelen llamarse baterías de ciclo profundo.

Los voltajes nominales más comunes son 6 y 12 V. Aunque también hay modelos con voltajes de salida de 24 y 48 V para sistemas con cargas de alto consumo. Las baterías solares usan diferentes tipos de celdas, pero todas tienen un bajo valor para el voltaje de salida, el que oscila entre 1,2 y 2 V nominales. Esto significa que las celdas deberán conectarse en serie para alcanzar el voltaje nominal de salida, y en paralelo para aumentar el valor de la máxima corriente de carga que podrán sostener en forma continua.

Las celdas se colocan dentro de cajas, las que están hechas con materiales plásticos resistentes al impacto y a la acción corrosiva de los electrolitos usados. Hay dos tipos de cajas: la hermética y la abierta.

Las primeras proporcionan un alto grado de seguridad, ya que el electrolito no puede derramarse, no importa cual es la posición del acumulador. Las baterías abiertas tienen tapones de ventilación, por los que liberan los gases formados durante el proceso de carga.

Resumen de los tipos de baterías de Plomo-ácido:

- Baterías abiertas o de mínimo mantenimiento. Con electrolito líquido.
- Baterías herméticas, cerradas, selladas o libres de mantenimiento. Menor vida útil.
  - GEL.
  - AGM (Fibra de vidrio absorbido).

Como el costo de la segunda versión es el doble de la primera, la batería de Pb-ácido con electrolito líquido es la más usada.

Existen cuatro parámetros que definen una batería solar:

- El valor máximo de corriente que puede entregar a una carga fija, en forma continua, durante un determinado número de horas de descarga.
- Su capacidad para almacenar energía.
- La profundidad de descarga que puede soportar, sin dañarse, de forma repetitiva.
- La vida útil de la unidad, es decir, el máximo número de ciclos de carga-descarga.

La industria ha estandarizado la prueba que determina el valor de la máxima corriente de descarga. Esto permite comparar distintos modelos de baterías.

El valor de la corriente máxima es aquel que permite una descarga continua de 20 horas de duración, al cabo de la cual la energía en reserva representa el 20% de la máxima con la que comenzó.

Los dos parámetros usados: corriente y tiempo, determinan que el valor derivado de la prueba esté dado en amperios por hora (Ah). Este valor representa la capacidad de la batería y de él se deriva el valor de la corriente máxima, para un dado régimen de descarga.

Ejemplo: Si la capacidad de una batería solar es de 200 Ah, la máxima corriente que el acumulador puede sostener durante la descarga es de 10A (200/20).

Esta forma de dar el valor de la corriente parece arbitraria, pero no lo es si recordamos que la máxima corriente de descarga, por definición, requiere un número específico de horas.

La cantidad de energía que puede ser acumulada por una batería está dada por el producto del voltaje nominal por el número de Ah, este producto se mide en vatios por horas (Wh) o KWh, dependiendo de su valor. En la Ecuación 1.1. se puede ver la fórmula que rige el valor de los vatios por hora.

$$Wh = Voltaje_{nominal} \times Ah \quad \text{Ecuación 1.1.}$$

Si la batería solar de nuestro ejemplo tiene un voltaje nominal de 12V, la cantidad de energía que puede ser acumulada es de 2400Wh (2,4KWh).

Se ha visto que el proceso químico de una batería recargable es reversible. Sin embargo, se sabe que los acumuladores tienen una vida finita (vida útil). Con cada descarga las placas pierden algo del material activo, el que se deposita en el fondo de la caja. Cuando la superficie activa de las celdas se reduce, la vida útil de la batería disminuye. El número de ciclos que el acumulador puede entregar durante su vida útil depende del porcentaje de descarga y del modelo elegido.

### 1.3. Cálculo de los requisitos de la instalación

Se va a proceder a calcular los requisitos de consumo de una vivienda normal. Una vez obtenidos los datos de consumo se pueden elegir el tipo de paneles solares, su potencia y el número de ellos, al igual que las baterías.

Suponiendo que se trata de una vivienda con 12 puntos de luz de alumbrado fluorescente de alta eficiencia con una potencia de 20W cada uno, y otros 6 puntos de luz de 30W cada uno.

Además hay un frigorífico de bajo consumo que consume 160Wh de potencia por día y un televisor que consume 50W.

Se estima que en promedio cada punto de luz de 20W va a permanecer encendido unas 2 horas al día, y cada uno de los puntos de luz de 30W otras 2 horas al día; el televisor unas 5 horas por día, y el frigorífico todo el día.

El consumo obtenido se incrementa en un 20% para compensar las pérdidas en la instalación.

En la Tabla 1.1. se muestran los datos para el cálculo del consumo final.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	POTENCIA (W)	TIEMPO (h)	CONSUMO (Wh)
12	Puntos de luz	20	2	480
6	Puntos de luz	30	2	360
1	Frigorífico			160
1	Televisor	50	5	250
			SUMA	1250
			Incremento del 20%	250
			CONSUMO TOTAL	1500

**Tabla 1.1. Consumos vivienda.**

El consumo total es de 1500Wh diarios. Suponiendo que se quiere tener una autonomía de 10 días:

$$1500Wh \times 10 = 15000Wh \quad \text{Ecuación 1.2.}$$

La capacidad de la batería tiene que ser de 15000Wh para que pueda durar por lo menos 10 días.

Como se va a tener una batería de 12V, se necesita una batería con una capacidad de:

$$15000Wh / 12V = 1250Ah \quad \text{Ecuación 1.3.}$$

Se necesita una batería que ofrezca 1250Ah.

Los paneles solares se orientan siempre hacia el sur y su inclinación debe ser aproximadamente igual a la latitud del lugar incrementada en 15° para maximizar la energía captada en épocas invernales en los que el consumo normalmente es mayor y las horas de radiación y altura solar menor.

Una expresión aproximada para determinar el número de vatios - hora de energía E que puede aportar, a lo largo de un típico día de invierno con escasa nubosidad, un panel cuya potencia nominal sean P vatios, instalado en un lugar cuya latitud sea L grados es:

$$E = (5 - L/15) \times (1 + L/100) \times P \quad \text{Ecuación 1.4.}$$

Para Madrid con una latitud de 40,38°, es de esperar que cada panel de 60Wp de potencia, produzca en un día medio de invierno una energía igual a:

$$E = (5 - 40.38/15) \times (1 + 40.38/100) \times 60 = 193,2Wh \quad \text{Ecuación 1.5}$$

El valor E obtenido en la fórmula anterior puede aumentarse hasta un 25%, o bien disminuirse en el mismo porcentaje, según sean las condiciones climatológicas predominantes en los meses invernales, especialmente la nubosidad.

Para asegurar, se disminuirá el valor E en un 20%. Por lo que queda un valor de E de:

$$193,2Wh \times (1 - 0,20) = 154,56Wh \quad \text{Ecuación 1.6}$$

El número de paneles necesarios para la instalación es de:

$$N^{\circ} \text{ paneles} = \text{Consumo}_{\text{diario}} / \text{Energía}_{\text{panel}} = 9,7 \quad \text{Ecuación 1.7.}$$

En conclusión, el sistema estará compuesto por 10 paneles solares de 60Wp y una batería que ofrezca 1250Ah. También se necesita un inversor de 1500W. A esto habrá que añadirle los circuitos electrónicos necesarios para que la batería no se sobrecargue.

Se han elegido paneles solares de la marca Isofotón. El modelo ISF – 60. Sus características se encuentran en la Tabla 1.2.

DIMENSIONES	776 x 662 x 39,4 mm
PESO	6,5 Kg
POTENCIA MÁXIMA ( $P_{MÁX.}$ )	60 W <sub>p</sub> +/- 10 %
CORRIENTE DE MÁXIMA POTENCIA ( $I_{MÁX.}$ )	3,47 A
TENSIÓN DE MÁXIMA POTENCIA ( $V_{MÁX.}$ )	17,3 V
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO ( $I_{SC}$ )	3,73 A
TENSIÓN DE CIRCUITO ABIERTO ( $V_{OC}$ )	21,6 V
Nº DE CÉLULAS EN SERIE	36 (medias células)
Nº DE CÉLULAS EN PARALELO	1

Tabla 1.2. Características técnicas panel solar ISF – 60 de Isofotón.

Los 10 paneles ocupan una superficie de:

$$Superficie = Largo \times Ancho \times N^{\circ} \text{ paneles} = 5,14m^2 \quad \text{Ecuación 1.8.}$$

Las baterías también se han elegido de la marca Isofotón. Se necesitan 1250Ah, por lo que se necesitarán 8 baterías de Plomo-ácido de 12V y 158Ah como se ha calculado en la Ecuación 1.9.

$$N^{\circ} \text{ baterías} = 1250Ah / 158Ah = 7,91 \quad \text{Ecuación 1.9.}$$

Se ha elegido un inversor de la marca Isofotón de 1500W.

En los anexos se adjuntan las hojas de características del panel solar, de la batería y del inversor.



## 1.4. Requisitos del controlador

En el apartado anterior se han calculado los requisitos de una instalación fotovoltaica real para una vivienda con varios puntos de luz, un televisor y un frigorífico. Esa vivienda podrá abastecer su necesidad de energía eléctrica de la energía solar, siempre y cuando no se conecte ningún aparato más.

En caso de que se conecte algún aparato más, o que las baterías tengan un nivel bajo porque los paneles no hayan recibido suficiente luz y no hayan cargado lo suficiente las baterías, la energía solar no sería suficiente.

Por ello se desarrolla este proyecto, que consigue que cuando se produce esa situación la vivienda siga siendo abastecida por energía eléctrica pero en este caso de la red eléctrica.

Ejemplo: En la vivienda hay cuatro luces encendidas, la televisión y el frigorífico. En estas condiciones la vivienda recibe la electricidad de las baterías. En un momento dado, se conecta la lavadora, que es un aparato que consume bastante corriente, por lo tanto las baterías no pueden abastecer a la vivienda. En ese momento se activa el relé y se cambia el suministro eléctrico de las baterías a la red eléctrica. Así la vivienda sigue teniendo corriente eléctrica. Cuando la lavadora finaliza ocurre lo contrario, la vivienda vuelve a recibir el suministro de corriente eléctrica mediante las baterías, porque la corriente que se está consumiendo no es muy elevada.

En una instalación fotovoltaica real con los aparatos calculados pasaría lo descrito anteriormente. En este proyecto se ha diseñado el controlador para unas especificaciones diferentes, escaladas al panel disponible para la prueba. Se ha diseñado para un panel solar de 30W, que no podrá suministrar más de 2,4A. Por lo tanto todos los demás componentes se seleccionarán teniendo en cuenta esta especificación.

El sistema diseñado en este proyecto, se ha construido y ha funcionado perfectamente, por lo que se podrá adaptar a una vivienda con las especificaciones reales mencionadas anteriormente. Solamente habría que escalar el ancho de las pistas de las PCB's, el regulador de carga de la batería ("shunt"), y el relé.

En definitiva, quedaría una vivienda en la que se puede ahorrar bastante energía. Mientras el consumo de la vivienda sea relativamente bajo, el contador de energía eléctrica consumida no contará. Solamente contará cuando el consumo sea bastante elevado y se consuma corriente de la red eléctrica. Este sistema hará que se pague bastante menos a la empresa eléctrica suministradora.

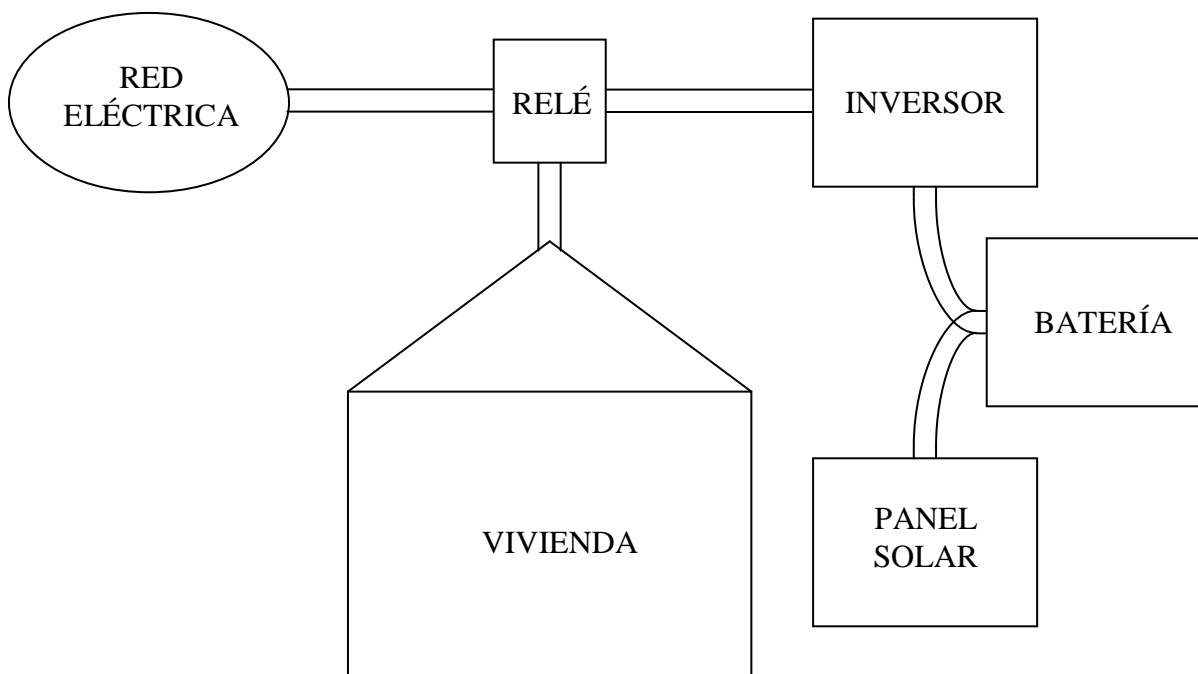
# Capítulo 2

# Diseño del sistema

## 2. Diseño del sistema

El diagrama de bloques de este proyecto se muestra en la Figura 2.1.

Cómo se puede observar, el panel solar carga a la batería, y ésta a su vez da corriente al inversor. El relé es el que permite conmutar la alimentación de la vivienda entre la red eléctrica o el inversor. El relé es fundamental en el diseño de este sistema. Es el que posibilita que en la vivienda haya electricidad en todo momento, bien sea de la red eléctrica o de los paneles solares.



**Figura 2.1. Diagrama de bloques de la instalación.**

En la Figura 2.2. se muestra el diagrama de bloques de la instalación con más detalle. Además se han numerado los componentes para proceder a su explicación:

1. Panel solar. Es el que recibe la energía del sol y la convierte en energía eléctrica. Carga la batería con corriente eléctrica para poder almacenar la energía cuando no haya luz solar. Es necesario medir su tensión, como la corriente que cede a la batería, para saber la corriente de carga de la batería. Esta corriente es corriente continua, puesto que la genera el panel solar.
2. Batería. Se carga mediante el panel solar. Cuando tiene carga proporciona corriente continua al inversor. Es necesario medir su tensión para saber su nivel de carga. También es necesario medir la corriente que

cede al inversor para saber la corriente de descarga de la batería. También es una corriente continua.

3. Inversor. Transforma la corriente continua que recibe de la batería en una corriente alterna para poder alimentar a la vivienda, siempre y cuando el consumo no sea excesivo. Es necesario ya que todos los aparatos de la vivienda se alimentan con corriente alterna.
4. Shunt. Sirve para evitar que la batería se sobrecargue manteniéndola en el punto óptimo de carga.
5. Microcontrolador. Maneja toda la información del sistema y toma las decisiones de activar o desactivar el relé y el regulador shunt. Se describe con más detalle al final de este capítulo.

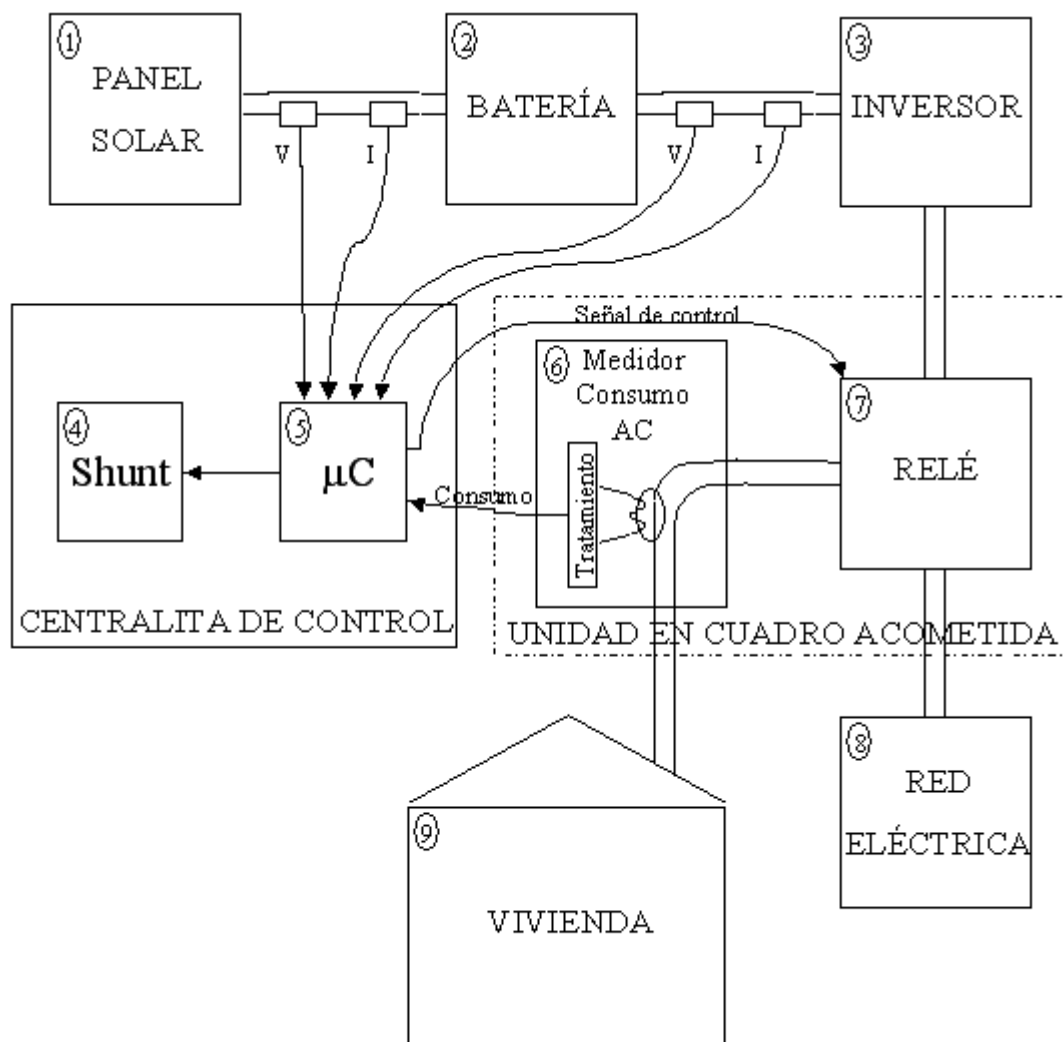


Figura 2.2. Diagrama de bloques de la instalación detallado.

6. Medidor de consumo AC. Mide la corriente consumida por la vivienda. Es una corriente alterna. La corriente medida se compara con un umbral para saber si es excesiva. Se envía al microcontrolador una señal con esta información.
7. Relé. Permite que la vivienda sea suministrada con corriente eléctrica en todo momento, bien sea de la energía solar o de la red eléctrica. Es el encargado de conmutar entre el inversor y la red eléctrica en función del consumo de la vivienda.
8. Red eléctrica. Se usa cuando la vivienda tiene un consumo elevado de corriente y los paneles solares no pueden ofrecer esa corriente.
9. Vivienda. En ella existe un suministro continuo de corriente. Cuando se consume poca potencia será suministrada por energía solar, en cambio, cuando se consume una potencia elevada será suministrada por la red eléctrica.

Según lo estudiado, es necesario diseñar, construir y probar varios sistemas. Estos sistemas son los medidores de corriente continua, el medidor de corriente alterna y el regulador shunt. También es necesario adaptar la tensión que se va a medir del panel y la batería a los niveles admisibles por el convertidor A/D del microcontrolador que se elija.

Además de esto, hay un sistema que hace actuar el relé, y una parte para poder transmitir datos del microcontrolador a un ordenador.

En la Figura 2.2. se observa como los medidores tanto de tensión como de corriente llevan su información al microcontrolador. En cambio, el shunt y el relé lo que hacen es recibir una señal del microcontrolador que servirá para que entren en funcionamiento o no.

El microcontrolador recibe los datos, los analiza y toma decisiones en función de esos datos. Sus decisiones se basan principalmente en activar el shunt si la batería se está sobrecargando y activar el relé si la batería tiene suficiente carga y la vivienda no demanda una corriente excesiva.

En definitiva, se quiere diseñar un sistema autónomo, que sea capaz de alimentar la vivienda con corriente eléctrica, bien sea mediante energía solar, o mediante la red eléctrica.

Los medidores de corriente continua sirven para saber si la batería se está cargando o descargando.

El medidor de corriente alterna para saber si la vivienda demanda una corriente excesiva.

Los medidores de tensión para saber el nivel de tensión del panel y de la batería.

El shunt para poder derivar la corriente del panel cuando se esté sobrecargando la batería, y así evitar que la batería se dañe.

El relé para poder elegir entre alimentar la vivienda mediante energía solar o la red eléctrica en función de los requerimientos de consumo de la vivienda y del nivel de carga de la batería.

El microcontrolador es el que toma las decisiones pertinentes en función de todos los datos que recibe.

Cabe destacar que si no hay carga en la batería, todo el sistema no funcionará ya que todo se alimenta a partir de la batería, por lo que el relé por defecto deberá estar conectando la vivienda con la red eléctrica.

## 2.1. Elección de los principales componentes

Los componentes más importantes de este sistema son el relé, el regulador shunt, los medidores de corriente y el más importante el microcontrolador.

Es necesario elegir un relé que sea capaz de conmutar corriente alterna. Típicamente tendrá que conmutar unos 220V de tensión alterna. También tendrá que ser capaz de soportar la corriente que consuma la vivienda en todo momento. Para este diseño se ha elegido un relé que soporta 10A, aunque en una instalación real habría que elegir un relé que soportara la totalidad de la corriente de la vivienda en cuestión. Esta corriente sería la contratada a la compañía eléctrica.

El regulador shunt consta de una resistencia de potencia en serie con un transistor de potencia. Todo ello en paralelo con la batería, de ahí su nombre, “shunt”. La resistencia y el transistor tienen que soportar los 2,4A de corriente máxima que podrá dar el panel con el que se probará el sistema. Como transistor se elige el IRF530 capaz de soportar hasta 17A.

El medidor de corriente alterna consiste en rectificar la tensión inducida por la corriente de la vivienda. Esta tensión, que es proporcional a la corriente consumida por la vivienda, se compara con un umbral para saber si es excesiva o no.

El medidor de corriente continua consiste en medir la caída de tensión que provoca la corriente en una resistencia shunt. Esta tensión es proporcional a la corriente. Como esta tensión es muy pequeña, es necesario amplificarla, para ello se usa el amplificador de instrumentación AD620.

Es necesario elegir un microcontrolador que tenga las funciones que se requieren en este diseño.

Se necesita que el microcontrolador tenga por lo menos 3 puertos digitales y 4 analógicos.

Es preciso que el microcontrolador tenga una UART para poder comunicarse con un PC.

También se necesita un conversor A/D, para que el microcontrolador pueda leer las diferentes tensiones.

El microcontrolador deberá tener varios timers, mínimo 3, ya que se necesita uno para la UART, otro para el conversor A/D y otro para poder usarle en el programa.

A todas estas indicaciones responde el microcontrolador C8051F330, que tiene un reloj de 24,5MHz, 17 puertos de entrada / salida, una UART, un conversor A/D con una resolución de 10 bits, cuatro timers, 768 bytes de RAM, 8kB de memoria Flash y ciertas utilidades más que se pueden ver en su hoja de características que viene en el anexo.

# Capítulo 3

# Diseño del Hardware



### 3. Diseño del Hardware

A continuación se va a explicar cada bloque de la instalación, y se van a ir definiendo los componentes necesarios de la parte Hardware de este proyecto en función de los requerimientos del diseño.

Cabe destacar que la parte Hardware de esta instalación está dividida en dos partes, que darán fruto a dos placas de circuito impreso distintas. En el anexo pueden verse los esquemáticos completos de las dos placas con detalle. En las Figuras 3.1. y 3.2. se muestran la placa principal y la secundaria respectivamente con indicaciones de cada bloque que las constituyen.

El motivo por el que se han construido dos placas independientes es porque cada placa irá ubicada en un lugar distinto de la vivienda.

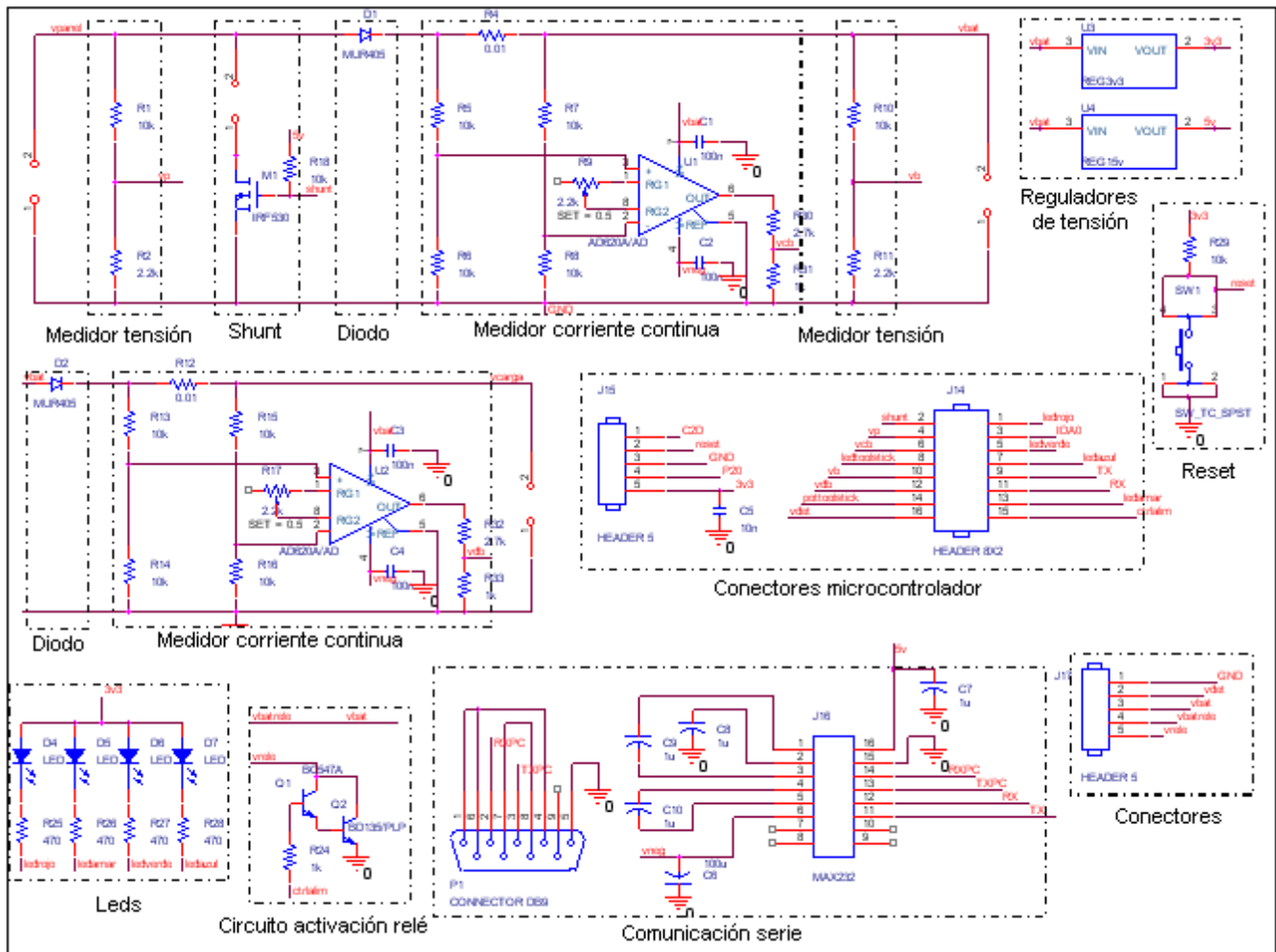


Figura 3.1. Esquemático de la placa principal dividido en bloques.

Por un lado está la placa con el microprocesador, el shunt, los medidores de corriente continua y de tensión, la parte para la comunicación serie con un ordenador, junto con el reset, los reguladores de tensión necesarios y el circuito que activa el relé,

así como los leds indicadores, y las clemas correspondientes para conectar el panel, la batería y el inversor, además de las señales a la otra placa.

Por otro lado está la placa con el relé, y el medidor de corriente alterna, así como las clemas necesarias para conectar la red, la carga (que es la acometida de la vivienda), el inversor, y las señales de la otra placa.

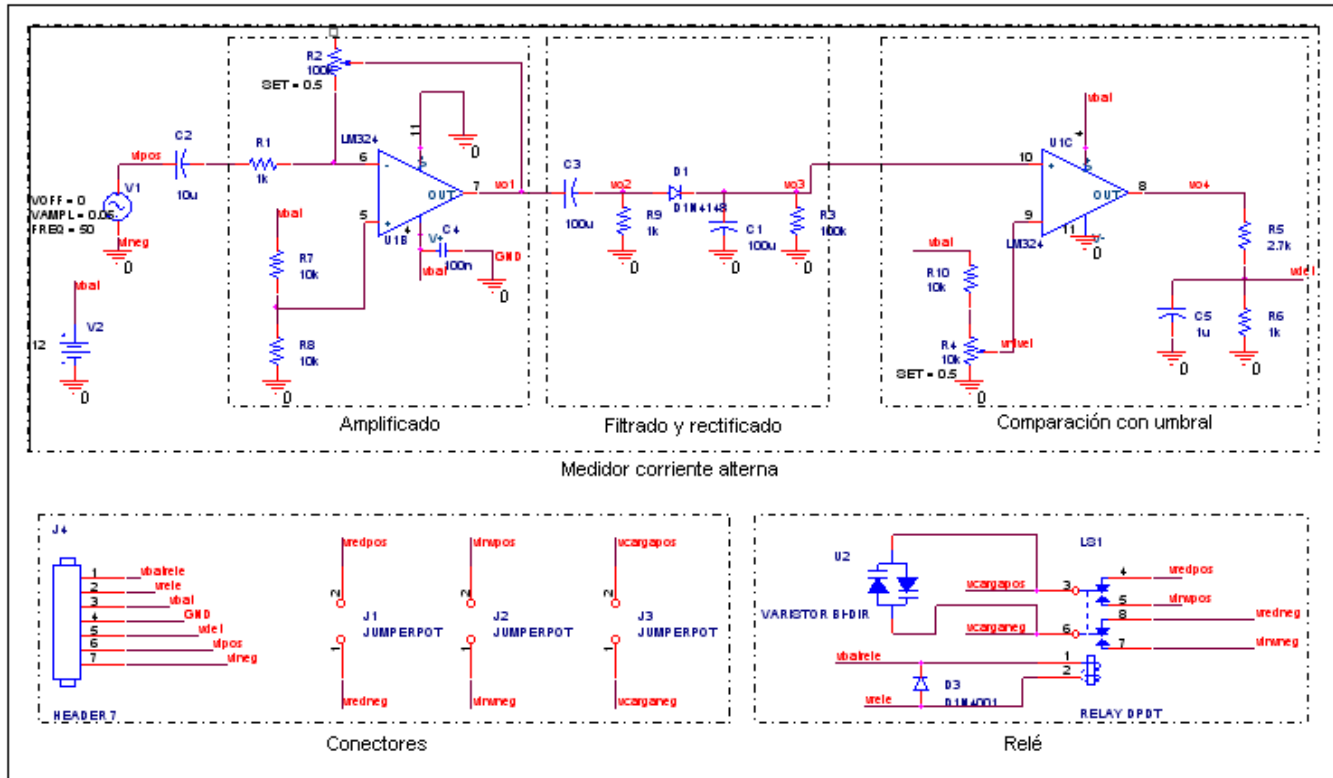


Figura 3.2. Esquemático de la placa secundaria dividido en bloques.

La placa del micro irá en el lugar donde estén instaladas las baterías. La placa del relé irá en el cuadro de la instalación eléctrica de la casa, ya que tiene que medir la corriente de la acometida de la casa. La placa que contiene al microcontrolador se ha denominado placa principal y la que contiene el relé placa secundaria. Las dos placas se comunican mediante unos cables. Entre esos cables están los cables de alimentación porque la placa secundaria recibe la alimentación de la batería de la placa principal.

### 3.1. Medidor de tensión

El bloque del medidor de tensión es un simple divisor resistivo para adaptar el rango de tensiones del panel o la batería, al rango de tensiones que admite el microcontrolador. El punto de trabajo del panel y la batería son unos 12V, por lo que hay que adaptarlos a los 3,3V que pueden entrar al microcontrolador como máximo. La tensión máxima del panel a circuito abierto son 17V, por lo que se parte de ese dato para

obtener 3,3V con el divisor resistivo. Analizando el circuito de la Figura 3.3. se obtiene la Ecuación 3.1.

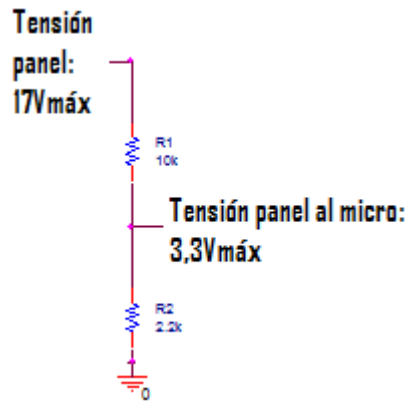


Figura 3.3. Medidor de tensión.

Se busca unos valores de las resistencias que den unos 3,3V de máximo a la salida a partir de los 17V. Buscando los valores de las resistencias que necesitamos entre las resistencias normalizadas que se comercializan, resultan 10KΩ y 2,2KΩ. Con esos valores con una tensión de entrada de 17V se obtiene a la salida 3,06V.

$$V_p = 17V \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 3,3V_{máx} \quad \text{Ecuación 3.1.}$$

## 3.2. Medidor de corriente continua

El bloque del medidor de corriente continua es más complejo que el del medidor de tensión. Se necesita una resistencia muy pequeña, llamada resistencia shunt, para medir la tensión que cae en ella y con el valor de la resistencia se puede calcular la corriente.

Como la tensión que cae en esa resistencia shunt es muy pequeña es preciso amplificarla para poder medirla. Para amplificarla se usa el amplificador de instrumentación AD620, el cual cambia su ganancia variándole una resistencia. En el anexo se adjunta su hoja de características. La fórmula de la ganancia en función de la resistencia viene dada por la Ecuación 3.2.

$$G = \frac{49,4K\Omega}{R_G} + 1 \quad \text{Ecuación 3.2.}$$

El circuito para medir la corriente queda como se ve en la Figura 3.4.

Resistencia por la que pasa la corriente a medir

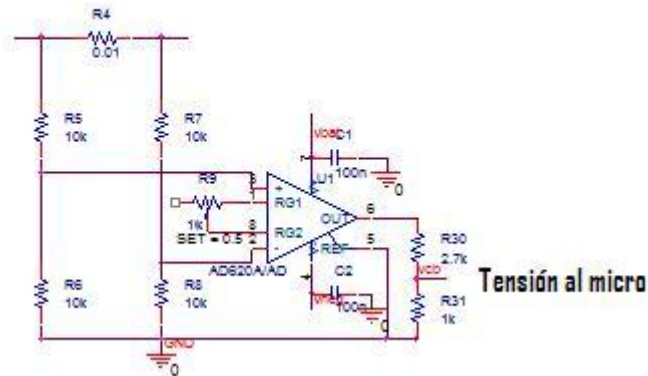


Figura 3.4. Medidor de corriente continua.

Como se ve en la Ecuación 3.3., la tensión de salida del AD620 es proporcional a la corriente que pasa por la resistencia shunt.

$$V_{O_{AD620}} = G \times \frac{V_{R4}}{2} = G \times \frac{R_s \times I}{2} \quad \text{Ecuación 3.3.}$$

Se ha diseñado un puente resistivo para amplificar la diferencia de tensión del puente. Para las resistencias del puente se han escogido unas de 10KΩ, para que no se pierda mucha corriente por el puente resistivo.

Para regular la ganancia del amplificador se ha escogido un potenciómetro de 1KΩ. Regulando el potenciómetro se podrá ajustar la ganancia de manera que haciendo pasar 1A por la resistencia shunt se obtengan a la salida 5V. Se ha escogido 1A porque el sistema está diseñado para que pasen como mucho 2,4A, que se traducirían en 12V a la salida del AD620, que serían 3,24A que entrarían al micro. En la Figura 3.5. se puede observar los resultados de la simulación en el programa OrCad Pspice de este subcircuito.

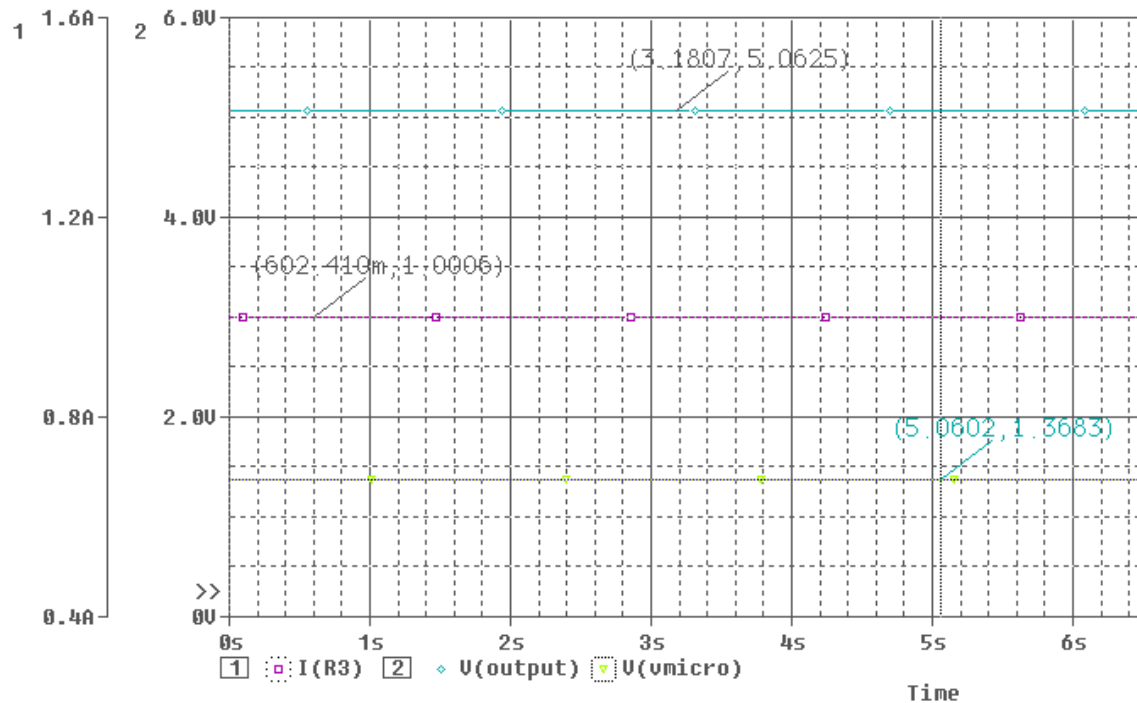


Figura 3.5. Simulación circuito medidor de corriente continua.

Como se ve en la simulación, haciendo pasar una corriente de 1A por la resistencia, a la salida del AD620 se tienen 5V, y después del divisor resistivo se tienen 1,36V que son los que entran al microcontrolador.

También se ha tenido que poner un divisor resistivo a la salida del AD620, ya que el fondo de escala del AD620 es de 12V, y esos 12V dañarían el micro. Por eso se pone un divisor resistivo a la salida para que los 12V se transformen en 3,3V. Las resistencias necesarias para conseguir esa tensión son 2,7K $\Omega$  y 1 K $\Omega$ .

### 3.3. Medidor de corriente alterna

El medidor de corriente alterna es un circuito que mide una corriente alterna, la rectifica y compara con un umbral para saber si es excesiva o no.

La corriente alterna se obtiene de un transformador toroidal instalado en la acometida de la vivienda, cuya tensión de salida es proporcional a la corriente que pasa por la acometida. La Figura 3.6. es una foto del transformador toroidal. La función de este transformador toroidal viene explicada en la Figura 3.7.



Figura 3.6. Transformador toroidal.

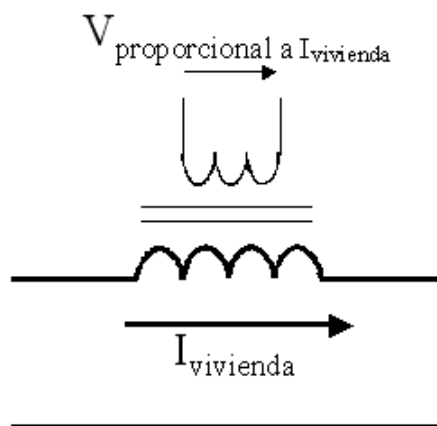


Figura 3.7. Funcionamiento transformador toroidal.

El circuito medidor de corriente alterna consta de varias partes.

$$V_o = -\frac{R_2}{R_1} \times V_i$$

La segunda parte consta de un filtro paso alto formado por el condensador C3 y la resistencia R9, para eliminar la tensión continua, y quedarse con la señal alterna del toroide amplificada. El condensador es de  $100\mu\text{F}$  y la resistencia  $1\text{K}\Omega$ , por lo que la frecuencia de corte es de  $1,59\text{Hz}$ , suficiente para eliminar la componente continua. La frecuencia de corte se calcula con la Ecuación 3.5.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

**Ecuación 3.5**

Una vez que se tiene la señal alterna del toroide amplificada, hay que rectificarla para obtener su valor de pico. Eso se consigue con el diodo D1, el condensador C1 y la resistencia R3.

Se ha puesto un valor del condensador C1 bastante grande, de  $100\mu\text{F}$ , para que el valor del rizado sea despreciable frente a la componente continua. Como diodo rectificador se usa un 1N4007, y como resistencia R3 se pone una de  $100\text{K}\Omega$ , para que circule poca corriente por ella.

Finalmente se usará una señal que indique si la vivienda está consumiendo mucha corriente o no. Esto se consigue con un amplificador operacional funcionando como comparador. En la pata positiva se conecta la señal rectificada del toroide, y en la negativa el umbral mediante una tensión variable que se genera con un potenciómetro. Esa tensión de comparación tiene un rango de 0 a 6V, por lo que se ha conectado el potenciómetro de  $10\text{K}\Omega$  en serie con una resistencia de  $10\text{K}\Omega$ . Como el operacional está alimentado a la tensión de la batería y a masa, la salida será 12V si la tensión rectificada es mayor que la tensión de comparación y 0V si es menor. Por lo tanto si la vivienda consume una corriente que está por encima del nivel permitido, la salida de este circuito será 12V, en cambio si es menor la salida será de 0V.

El microcontrolador sólo admite niveles lógicos de 0 a 3,3V, por lo que se pone a la salida del operacional un divisor resistivo con unas resistencias de  $2,7\text{K}\Omega$  y  $1\text{K}\Omega$ , y así se tienen 3,24V cuando la salida del operacional esté a 12V. Estos 3,24V serán leídos por el micro como un “1” lógico.

En las Figuras 3.9.(a). y 3.9.(b). se puede ver la simulación de este subcircuito. En la Figura 3.9.(a). se ve la señal de entrada de  $120\text{mV}_p$  que sale del toroide cuando pasan 2A. También se ve esa misma señal sumada a una señal continua, todo ello amplificado. Finalmente esa señal filtrada sin componente continua. Después se realiza el rectificado de la señal, y se obtiene la componente continua de la figura, que son 1,28V. Fijando el umbral en 1,2V, cuando circulen más de 2A el comparador pondrá 12V, ya que los 1,28V de la señal rectificada son mayores que los 1,2V del umbral. En la Figura 3.9.(b). se ve la señal rectificada de 1,28V, el umbral que da 1,2V, la salida del comparador, y finalmente la tensión que va al micro después del divisor de tensión que convierte los 12V en 3,3V.



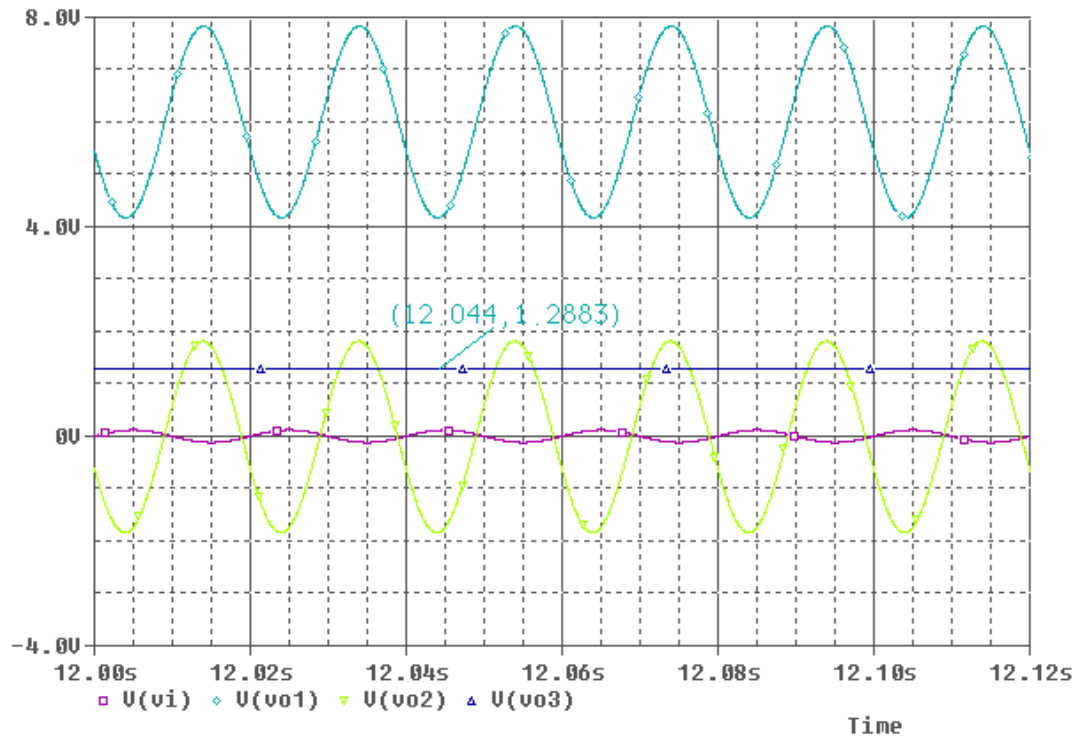


Figura 3. 9.(a). Simulación del circuito medidor de corriente alterna.

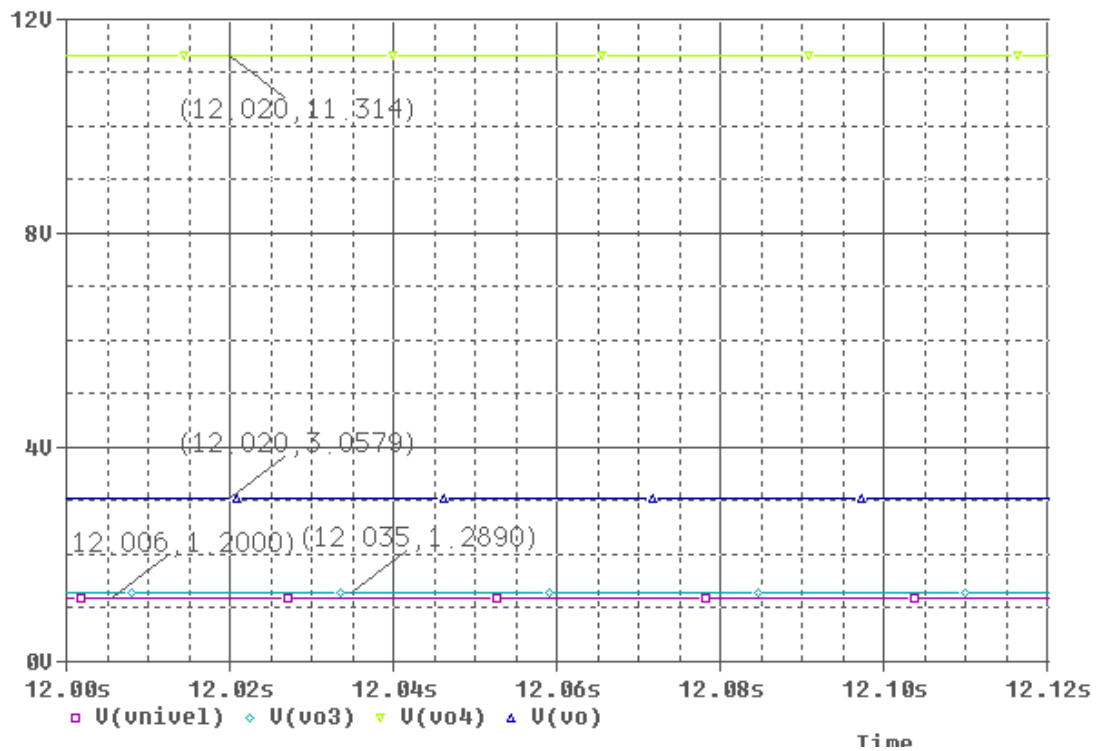


Figura 3.9.(b). Simulación del circuito medidor de corriente alterna.

### 3.4. Shunt

El bloque del shunt consta solamente de una resistencia de potencia y un transistor de potencia, para poder derivar la corriente del panel cuando la batería se esté sobrecargando y así conseguir que la tensión de la batería disminuya, para intentar mantener el punto óptimo de carga. El microcontrolador pone a “1” lógico la salida que va a la puerta (G) del transistor MOSFET y así el transistor deja pasar corriente a través suya.

Se ha elegido un transistor IRF530 que soporta hasta 17A. Se puede ver su hoja de características en el anexo. La resistencia de potencia se ha elegido de  $1\Omega$  y de 7W de potencia, que será suficiente para el panel que se usará en la prueba.

En la Figura 3.10. se puede ver el circuito formado por el transistor y la resistencia.

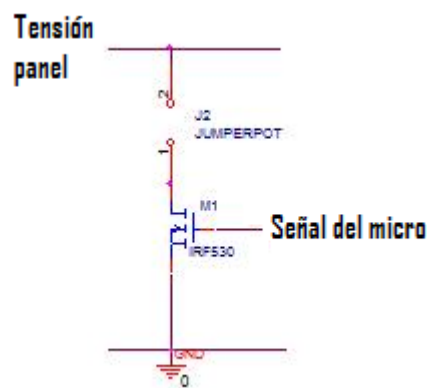


Figura 3.10. Shunt.

En la placa se ha puesto una clema para que la resistencia se pueda poner a parte ya que tendrá que disipar bastante calor.

Después de probar este circuito no funcionaba como se esperó, por lo que se le hizo una modificación que se ve en la Figura 3.11. El problema era que el transistor no tenía la suficiente tensión para entrar en la zona óhmica, por lo que se decidió poner una resistencia alimentada a 5V en la puerta del transistor.

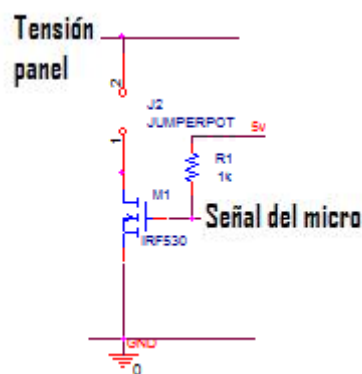


Figura 3.11. Shunt modificado.

### 3.5. Diodos potencia

Es necesario incluir un diodo entre el panel solar y la batería, y también entre el inversor y la batería. La función de estos diodos es dejar pasar la corriente solamente en una dirección, es decir, del panel a la batería, y de la batería al inversor, bloqueando la corriente en la dirección contraria.

La colocación exacta de los diodos se ve en las Figuras 3.12. y 3.13.

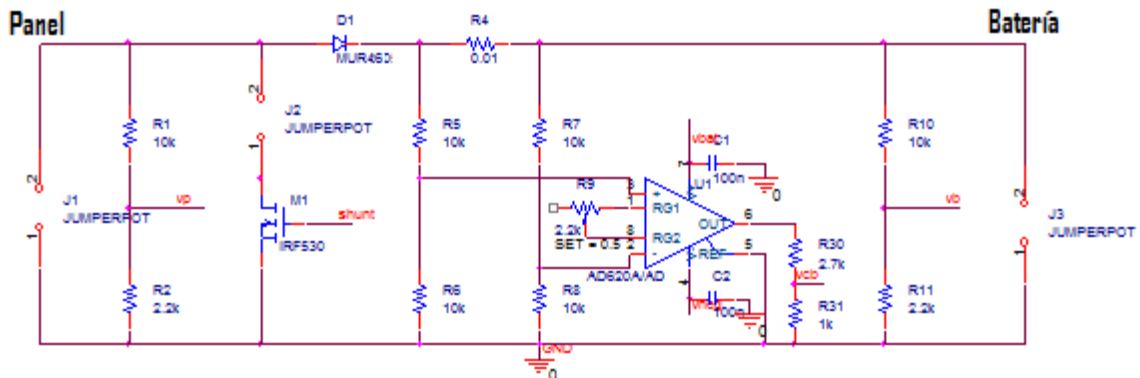


Figura 3.12. Posición diodo entre el panel y la batería.

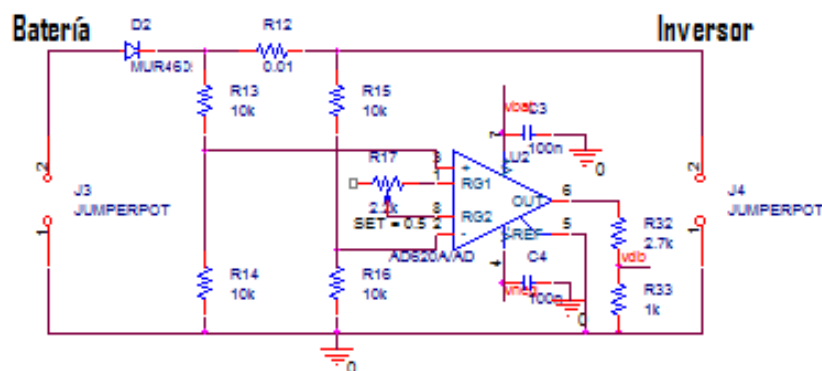


Figura 3.13. Posición diodo entre la batería y el inversor.

Estos diodos tienen que ser diodos de potencia, ya que tienen que soportar la corriente que va del panel a la batería y al inversor. La instalación se ha diseñado para que pasen como máximo 2,4A, por lo que los diodos tienen que ser capaces de soportar esa corriente. Se han elegido unos diodos MUR 460, que soportan hasta 4A.

### 3.6. Comunicación serie

La parte de la comunicación serie consta de un conector del tipo DB9 para conectar al ordenador mediante el puerto RS-232, y un integrado, MAX232, para adaptar los niveles de tensión que da el microcontrolador a los del PC.

Al MAX232 hay que conectarle unos condensadores como indica su hoja de características (se puede ver en el anexo) para que pueda funcionar correctamente. La conexión de los condensadores queda como se ve en la Figura 3.14.

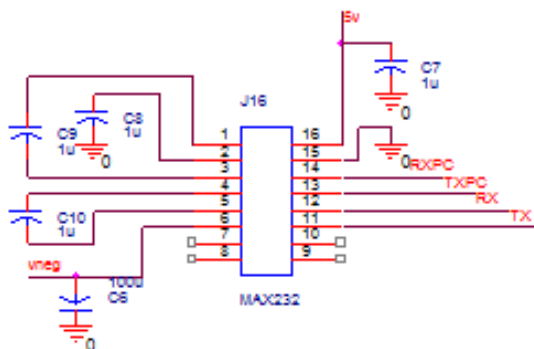


Figura 3.14. Conexión del MAX232.

Las señales indicadas en la figura como TX y RX son las que recibe el MAX232 del microcontrolador, y las señales TXPC y RXPC son las señales adaptadas a la tensión del PC que el MAX232 envía al PC.

Aunque en la hoja de características se indica que todos los condensadores tienen que ser de 1 $\mu$ F, en el diseño se ha conectado un condensador de 10 $\mu$ F en la pata del MAX232 que da la tensión negativa de -8,5V. Se ha conectado un condensador más grande porque se quiere que mantenga mejor la tensión, ya que usamos esa tensión negativa que ofrece el MAX232 para alimentar la pata de tensión negativa del AD620. Esto se ha hecho así porque la batería sólo da tensión positiva, y se necesitaba que el AD620 se alimentara a una tensión positiva y negativa. Si el AD620 se alimenta a +12V y 0V, el rango de tensión de salida no puede alcanzar 0V, por lo que se pierde resolución en el convertidor A/D.

Al conector DB9 es preciso realizarle unas conexiones entre sus patas porque queremos transmitir y recibir por el puerto serie sin protocolo hardware (conexión Null-Modem). Dicha conexión debe cortocircuitar las siguientes señales:

RTS con CTS

DTR con DSR y DCD

Las señales del puerto serie vienen definidas en la Tabla 3.1.

SEÑALES	PIN DEL CONECTOR DB9
Data Carrier Detect (DCD)	1
Receive Data (RxD)	2
Transmit Data (TxD)	3
Data Terminal Ready (DTR)	4
Signal Ground (SG)	5
Dataset Ready (DSR)	6
Request to Send (RTS)	7
Clear to Send (CTS)	8
Ring Indicator (RI)	9

Tabla 3.1. Señales del puerto serie.

Haciendo estos cortocircuitos como se ve en la Figura 3.15. se consigue una correcta transmisión de datos.

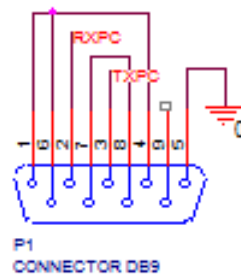


Figura 3.15. Conexionado conector DB9

### 3.7. Reguladores de tensión

En el diseño son necesarios unos reguladores de tensión, ya que adaptan la tensión de la batería de 12V, a ciertos componentes del diseño que se alimentan a otras tensiones.

A los 12V de la batería se alimentan los dos AD620, el LM324, y el relé, a parte de algún divisor resistivo de la placa secundaria para conseguir otro rango de tensiones.

El microcontrolador, así como el reset, y los leds, se alimentan a 3,3V, por lo que es necesario un regulador que con una entrada de 12V obtenga a la salida 3,3V. Se ha escogido el regulador LF33CV, cuya hoja de características se adjunta en el anexo.

El integrado MAX232 se alimenta a 5V, por lo que se necesita un regulador que se alimente a 12V y obtenga 5V a la salida. Se ha escogido el regulador LM7805. Su hoja de características también se adjunta en el anexo.

La alimentación negativa del AD620 se obtiene del MAX232, que da -8,5V.

### 3.8. Reset del microcontrolador

El microcontrolador tiene que estar provisto de un circuito para poder aplicarle una señal de reset. El reset del micro es activo a nivel bajo, es decir, que aplicando un “0” lógico se realiza un reset.

El circuito del reset del micro consiste en una resistencia de 10K $\Omega$  alimentada a 3,3V, en serie con un pulsador manual conectado a masa. Así al pulsar el pulsador se cierra el circuito, al micro le llegan 0V, y se realiza un reset. En la Figura 3.16. se ve el circuito del reset.

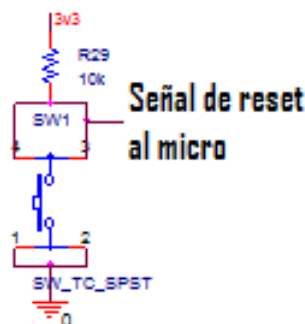


Figura 3.16. Circuito de reset.

### 3.9. Leds

En el diseño se han puesto unos leds para poder saber el estado del sistema sin tener que conectar un PC, sólo con mirar la placa.

Para poder encender los leds, es necesario alimentarlos a 3,3V y conectarlos al microcontrolador mediante unas resistencias de  $470\Omega$ . Cuando el microcontrolador pone un “0” en la salida de un led, pasa corriente por la resistencia y eso hace que el led se encienda, en cambio, si pone un “1” no pasa corriente por lo que el led no se encenderá. El diseño de los leds queda como se ve en la Figura 3.17.

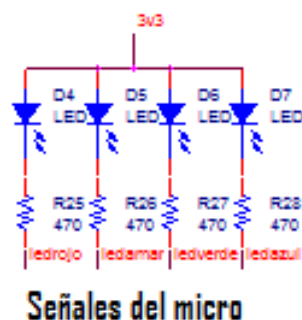


Figura 3.17. Circuito de los leds.

Como se ve en la figura se han puesto cuatro leds, uno rojo, otro verde, otro amarillo y otro azul. Cada color indicará que está ocurriendo una situación.

El led rojo encendido indicará que la batería está baja, es decir, que tiene una tensión inferior a 10V. Con una tensión superior a 11V el led permanecerá apagado.

El led amarillo se encenderá a la vez que el shunt. El shunt se conectará si la batería tiene una tensión por encima de 13,8V, pero se activará 2 segundos, y se desactivará medio segundo intermitentemente, así hasta que la tensión de la batería esté por debajo de 13,8V, debido al consumo del shunt. El led amarillo parpadeará con la misma frecuencia que el shunt.

El led verde encendido indica que la batería se está cargando, es decir, que la corriente que entra en la batería es mayor que la que sale.

El led azul encendido indica que la batería se está descargando, es decir, que la corriente que sale de la batería es mayor que la que entra.

Si la corriente de carga de la batería es igual que la de descarga, los leds verde y azul permanecerán apagados.

Así se puede saber como está el sistema simplemente observando los leds.

### 3.10. Circuito activación relé

El relé necesita un circuito de activación. Este circuito de activación permite conseguir una tensión adecuada al relé, mediante la señal del micro que son 3,3V.

El relé se activa con 12V, por lo que se le alimentará una pata a 12V y la otra será la señal que active o desactive el relé.

La corriente requerida por el solenoide del relé, hace que sea necesario dotar al circuito de un par Darlington. Se ha elegido para el par Darlington un transistor BC547 y un BD135. El circuito queda como se ve en la Figura 3.18.

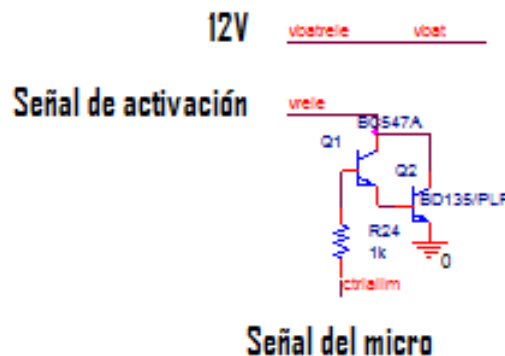


Figura 3.18. Circuito activación relé.

Este circuito va en la placa principal. En la placa secundaria es necesario poner un diodo de libre circulación, con el ánodo conectado a la señal de activación, y el cátodo conectado a los 12V. Para este diodo hemos elegido un diodo 1N4007.

### 3.11. Relé

El relé es uno de los componentes más importantes de este proyecto, ya que es el que permite que la vivienda reciba suministro de corriente eléctrica en todo momento, bien sea de la red eléctrica o del panel solar mediante el inversor.

Es necesario dimensionar el relé con capacidad para poder conmutar la corriente que pueda estar consumiendo la vivienda en todo momento. En nuestro diseño hemos supuesto que la corriente máxima son 10A, aunque en una vivienda real pueden ser más amperios. Además tiene que ser capaz de conmutar corriente alterna. El relé elegido puede conmutar hasta 250V de alterna, por lo que podrá conmutar perfectamente los 220V de la red o del inversor. Otro dato muy importante del relé es que tiene que tener 2 polos, ya que la red, el inversor y la vivienda llevan 2 polos. Los contactos tienen que ser del tipo DPDT. En la Figura 3.19. se puede ver la configuración de los contactos.



Para más información, se adjunta su hoja de características en el anexo. El relé elegido es un relé QR-C de la serie C7, en concreto el A20-12VDC.

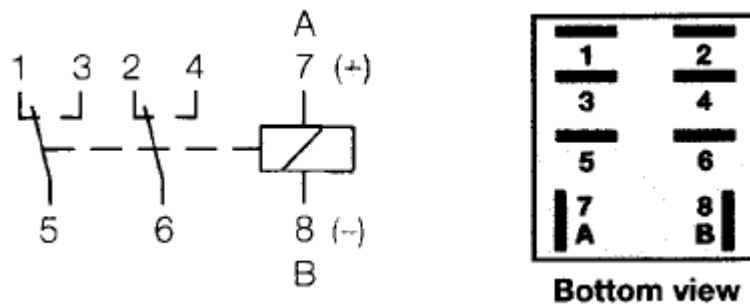


Figura 3.19. Configuración contactos relé.

Es necesario conectar un varistor entre los dos polos donde se conectará la carga del relé, es decir, la vivienda. El varistor lo que hace es absorber una posible diferencia de sincronización de tensiones entre la red y el inversor, ya que en el momento de la conmutación, uno puede estar ofreciéndote el pico de tensión positiva de la onda, y el otro puede estar incluso con una tensión negativa. En la Figura 3.20. se puede observar el modo de conectar el inversor, la red y la carga al relé, así como la colocación del varistor y también el diodo del circuito de activación.

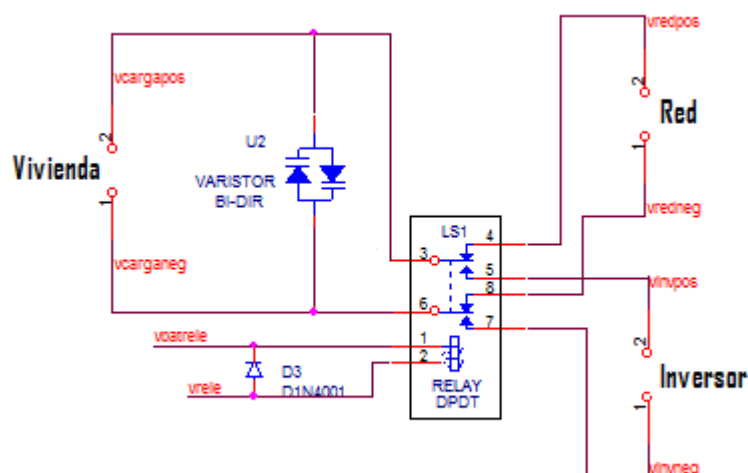


Figura 3.20. Relé.

### 3.12. Microcontrolador

El microcontrolador es una parte muy importante del diseño, porque es el que maneja toda la información y toma las decisiones pertinentes.

Se ha elegido el microcontrolador C8051F330, que tiene las suficientes capacidades para que pueda realizar las distintas operaciones que son requeridas.

La frecuencia del microcontrolador no es un aspecto de gran importancia, por lo que con una frecuencia del orden de megahercios es suficiente.

Los puertos si son importantes, ya que se necesita que tenga varios puertos digitales y varios analógicos. En total se necesitan 7 puertos digitales y 4 analógicos, además de las señales de alimentación (VDD y GND) y la señal de RESET. Las señales digitales son los cuatros leds, la señal de activación del relé, la señal del shunt, y la señal de la placa secundaria indicando que la vivienda consume una corriente excesiva o no. Las señales analógicas son las señales de tensión del panel y de la batería y las señales de la corriente de carga y descarga de la batería.

Es preciso que el microcontrolador tenga una UART para poder comunicarse con un PC, por lo que también se necesitarán dos puertos más, para las señales TX y RX.

También se necesita un conversor A/D, para poder convertir las tensiones leídas de los puertos analógicos en un número digital y poder trabajar con ese número en el programa.

El microcontrolador deberá tener varios timers, mínimo 3, ya que se necesita uno para la velocidad de la UART, otro para arrancar el conversor A/D y otro para contar tiempo en el programa.

Tendrá que tener una capacidad de memoria RAM de unos 512 bytes extras a parte de lo necesario para el programa, para poder almacenar los datos de lo que va ocurriendo en la instalación.

A todas estas indicaciones el microcontrolador C8051F330 elegido responde satisfactoriamente, ya que tiene un reloj de 24,5MHz, 17 puertos de entrada / salida, una UART, un conversor A/D con una resolución de 10 bits, cuatros timers, 768 bytes de RAM, 8kB de memoria Flash y ciertas aplicaciones más que se pueden ver en su hoja de características que viene en el anexo.

El microcontrolador tiene un tamaño muy reducido, por lo tanto sus patas son muy pequeñas y están muy juntas, por lo que es imposible soldarlo manualmente por una persona. En Silicon Labs, venden el micro ya soldado en una placa de desarrollo, la cual es la que interesa en este proyecto. Se llama Toolstick F330 DC. Consiste en una placa con el micro instalado, a la cual se la puede conectar otra placa con un conector USB. Mediante el USB es posible cargar el programa al micro y comunicar el micro con el PC mediante la UART. La placa del micro trae un led y un potenciómetro ya conectados al micro, además de ciertos componentes para que algunas aplicaciones del micro funcionen mejor. En el anexo puede verse la hoja de características de la Toolstick. En la Figura 3.21. se puede ver la Toolstick con la placa del micro conectada a la del USB, y en la Figura 3.22. se puede observar la placa del micro con los puertos y algún componente interesante.

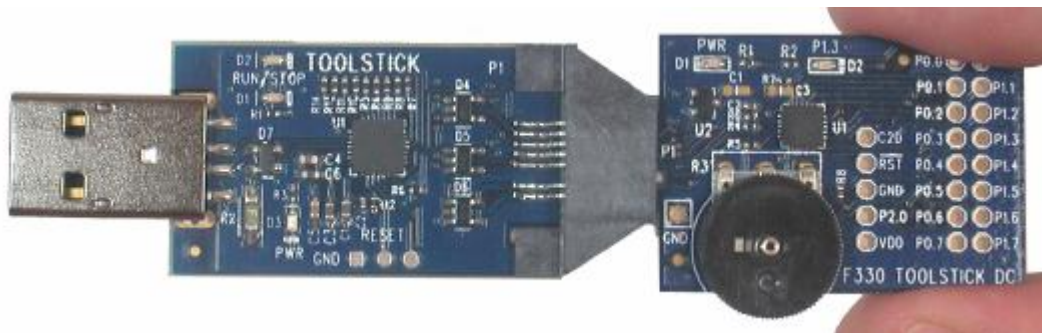


Figura 3.21. Toolstick C8051F330 DC y BA.

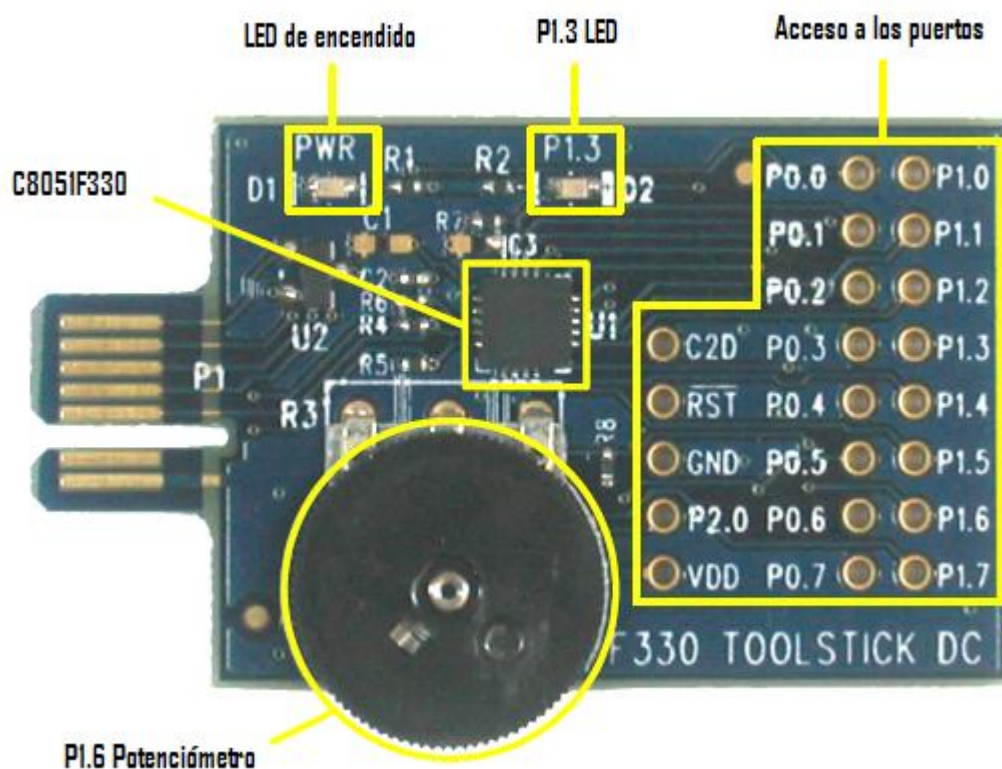


Figura 3.22. Toolstick C8051F330 Daughter Card.

En Silicon Labs nos ofrecen unas herramientas software muy 6tiles para poder configurar el micro, otra para compilar, depurar y cargar el programa, y otra para comunicarse. En los cap6tulos 4 y 6 pueden verse algunas fotos de estas herramientas software.

# Capítulo 4

# **Diseño del Firmware**

## 4. Diseño del Firmware

En el diseño del Firmware de este proyecto hay que tener en cuenta todos los aspectos para que la instalación funcione correctamente. Se trata de crear un programa que se pueda cargar al micro para que pueda controlar todo el sistema. Este programa tendrá varias tareas. Las tareas serán recibir información del sistema, analizarla, tomar decisiones en función de esa información, almacenar información, comunicarse con un PC y realizar distintas acciones según lo enviado por el PC, entre otras.

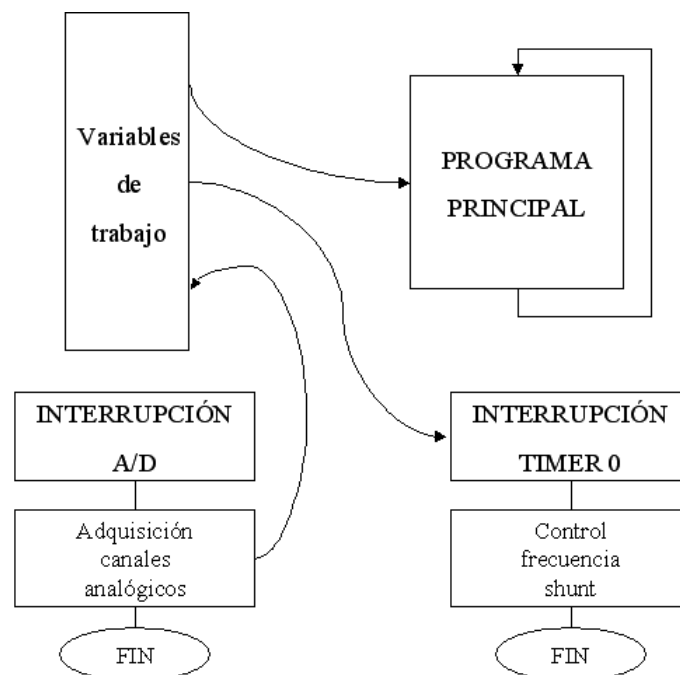
Se ha elegido programación en Lenguaje C, ya que es un lenguaje mucho más potente que el Ensamblador, y con pocas líneas de código se consigue muchas más funcionalidades. Además es un lenguaje sencillo y con unas funciones suficientes para lo que se requiere en este proyecto.

Hay que tener en cuenta que se debe configurar el microcontrolador para que pueda operar como se desea, para ello hay una herramienta software de Silicon Labs que genera el código necesario en Lenguaje C en función de las características que se necesitan.

Para poder cargar el programa al microcontrolador, primero es necesario compilar, depurar y linkar el programa, acciones que se pueden realizar mediante una de las herramientas software de Silicon Labs.

Además para poder comunicar el micro con el PC es preciso usar el Hyperterminal de Windows y realizar la comunicación a través del puerto RS-232, o usar otra herramienta software de Silicon Labs y realizar la comunicación mediante el puerto USB.

En la Figura 4.1. se puede ver un diagrama de bloques de las principales funciones que tiene que realizar el programa.



**Figura 4.1. Diagrama de bloques del programa.**

A continuación se va a proceder a explicar detalladamente la descripción de las operaciones que debe realizar el sistema. También se detallarán los diagramas de flujo necesarios para escribir el programa en Lenguaje C, y finalmente el programa comentado.

## 4.1. Descripción de la operación del sistema

El sistema tiene que operar en un bucle infinito, en el que continuamente se pregunta por valores de ciertas variables y se toma decisiones al respecto. Además en ese bucle se está a la espera de que llegue algún dato por la UART y se realizan unas acciones en función del dato. Mientras este bucle se repite, hay unas interrupciones periódicas, que son la del conversor A/D y la del Timer 0.

A continuación se describe un resumen de lo que hace el programa. El programa lee el A/D y va cambiando el MUX para poder leer los 4 puertos (los 4 canales) una vez por segundo. Cada 10 segundos almacena la media de los datos leídos en una variable con la que se toman decisiones como arrancar el shunt, activar o desactivar el relé, activar o desactivar los leds... Cada hora, se almacena en la memoria extendida del micro el estado del sistema en ese momento. Cuando se reciben datos por la UART, si forman un código permitido se procede a enviar ciertos datos del funcionamiento del sistema diferentes según el código recibido al PC.

La lectura de las señales analógicas se realiza mediante una interrupción del micro, la del conversor A/D. La configuración del micro se ha realizado para que esta interrupción salte 7975 veces por segundo. No obstante, se quiere que cada segundo se haya realizado una lectura de los cuatro canales, es decir, leer un canal cada 0,25 segundos. Para ello se introduce un contador dentro de la interrupción del conversor A/D que cuenta 1994 veces y realiza una lectura del registro en el que se ha leído la señal analógica. También se cambia el multiplexor para que la próxima vez se lea el siguiente canal. Haciendo esto se consigue que cada segundo se hayan leído las cuatro señales analógicas. En la Figura 4.2. se puede ver el diagrama de flujo de esta interrupción.

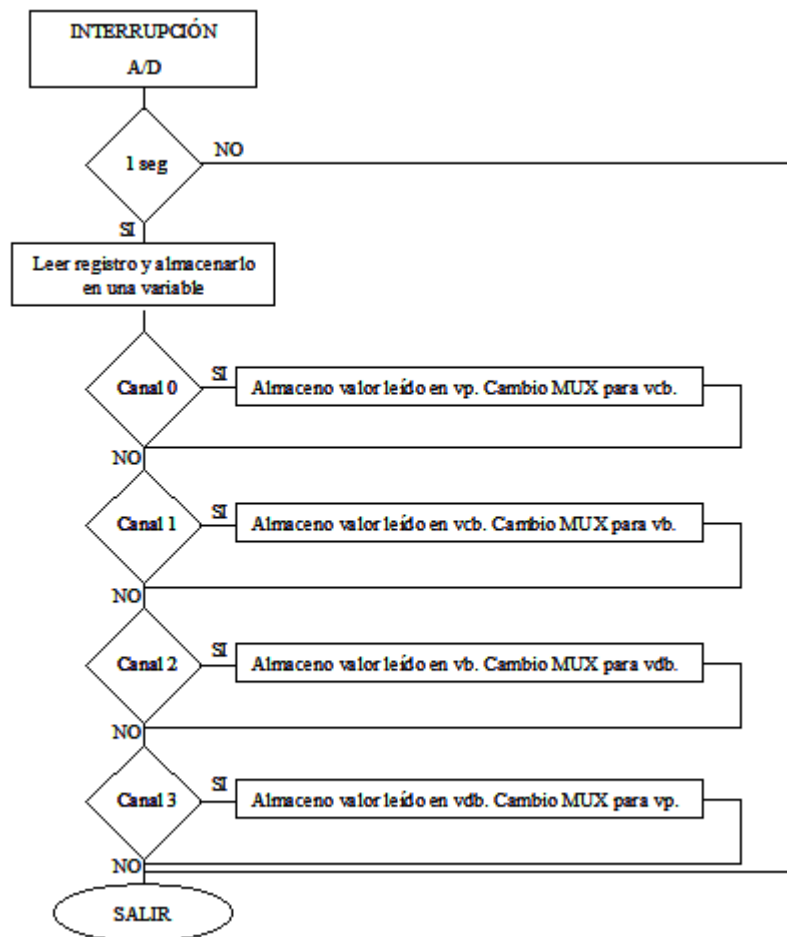


Figura 4.2. Diagrama de flujo de la interrupción del A/D.

Existe otra interrupción, la del Timer 0, que se ha configurado para que se dispare cada 20ms. Esta interrupción se usa para activar el shunt si la tensión de la batería es mayor de 13,8V, que equivale al número 193 de 256. El número 256, es el que habría si entran 3,3V al micro, esto son más de 17V. El shunt se va a activar 2 segundos y desactivar medio segundo, y así sucesivamente siempre y cuando la tensión de la batería esté por encima del nivel fijado. Contando las veces que se dispara el Timer 0 se puede determinar fácilmente los 2 segundos y el medio segundo como indican las Ecuaciones 4.1. y 4.2.

$$\text{Veces _ que _ tiene _ que _ contar} = \frac{2s}{20ms} = 100 \quad \text{Ecuación 4.1.}$$

$$\text{Veces _ que _ tiene _ que _ contar} = \frac{0,5s}{20ms} = 25 \quad \text{Ecuación 4.2.}$$

Por lo tanto hay que contar hasta 100 interrupciones para que hayan pasado 2 segundos, y hasta 25 para que sea medio segundo. El diagrama de flujo de la interrupción del Timer 0 queda como se observa en la Figura 4.3.

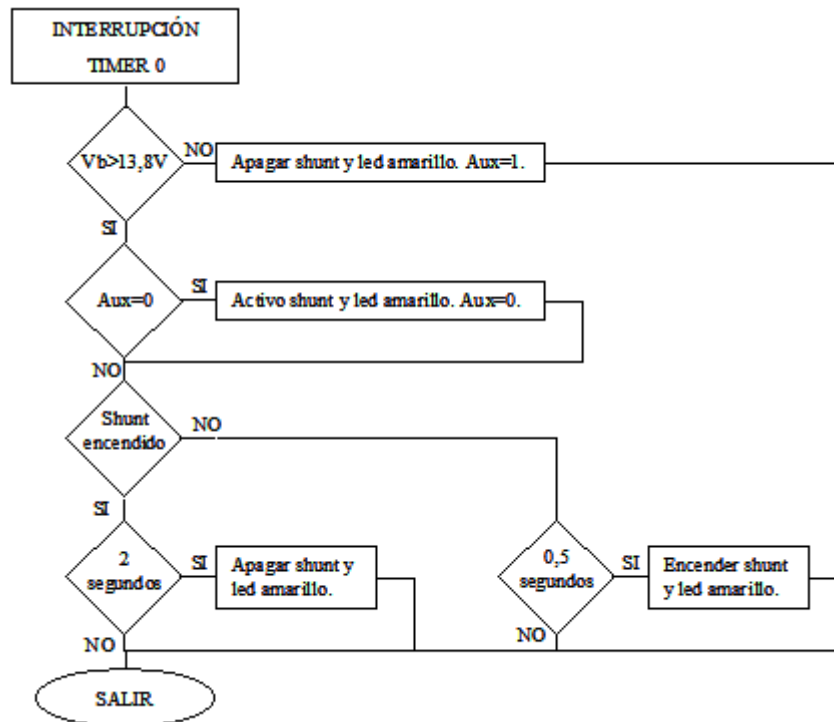


Figura 4.3. Diagrama de flujo de la interrupción del Timer 0.

Dentro de la interrupción del Timer 0 también se aumenta o disminuye un contador en función de unas condiciones. El diagrama de flujo de esta parte está en la Figura 4.4. El estado de ese contador se evalúa en el bucle principal y se toma la decisión de activar o desactivar el relé. Con esto se pretende conseguir que para tomar la decisión de activar o desactivar el relé, la señal de consumo de corriente excesivo de la vivienda tiene que estar activada o desactivada por lo menos 2 segundos. Así se evitan conmutaciones del relé indeseadas en periodos muy cortos de tiempo.

El contador del relé se aumenta solamente en caso de que el consumo de la vivienda sea bajo y a la vez se de la condición de que la batería tiene un nivel de carga alto. Para que el contador decremente se puede dar cualquiera de las condiciones siguientes: que la batería pase a estar baja de carga, o que el consumo de la vivienda sea relativamente alto.



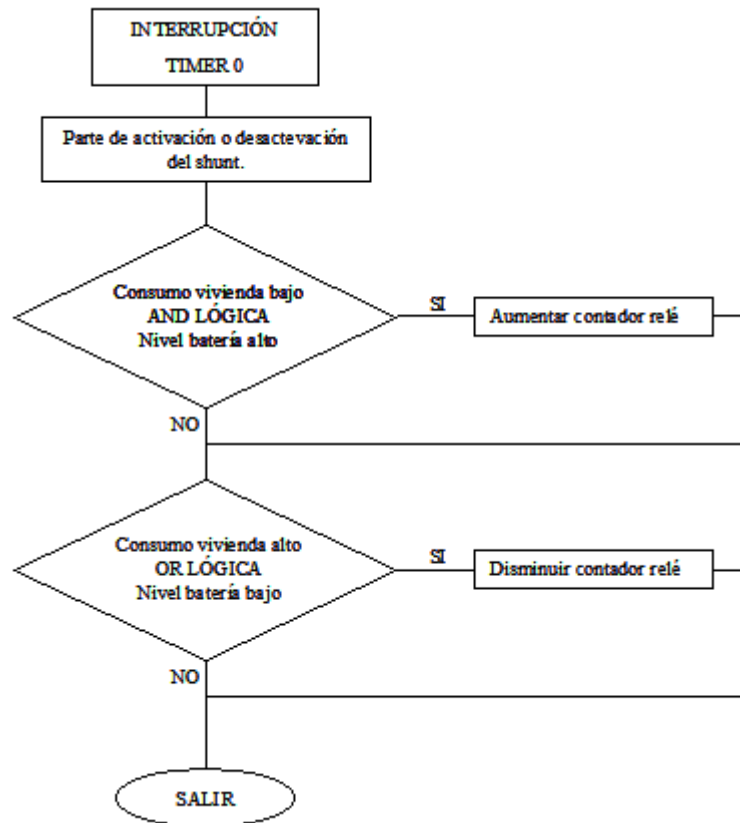


Figura 4.4. Diagrama de flujo de parte de la interrupción del Timer 0.

En el bucle principal del programa se hará un bucle infinito que se esté ejecutando todo el tiempo. Dentro de ese bucle se preguntará por las distintas variables y en función de esas variables el programa tomará unas acciones u otras. Las variables por las que se preguntan son la media cada 10 segundos de las señales leídas de los puertos. Las señales leídas de los puertos son cuatro, la tensión de la batería y el panel, y la corriente de carga y descarga de la batería. Cada una se lee cada 0,25 segundos, por lo que en 1 segundo se habrán actualizado las cuatro. Al hacer la media cada 10 segundos se evita que por un momento se realice una medida mala y esto provoque un comportamiento indebido en el sistema. Así se tomará la acción que derive de la media de los valores, no la de un solo valor.

El diagrama de flujo general de este bucle es el de la Figura 4.5.

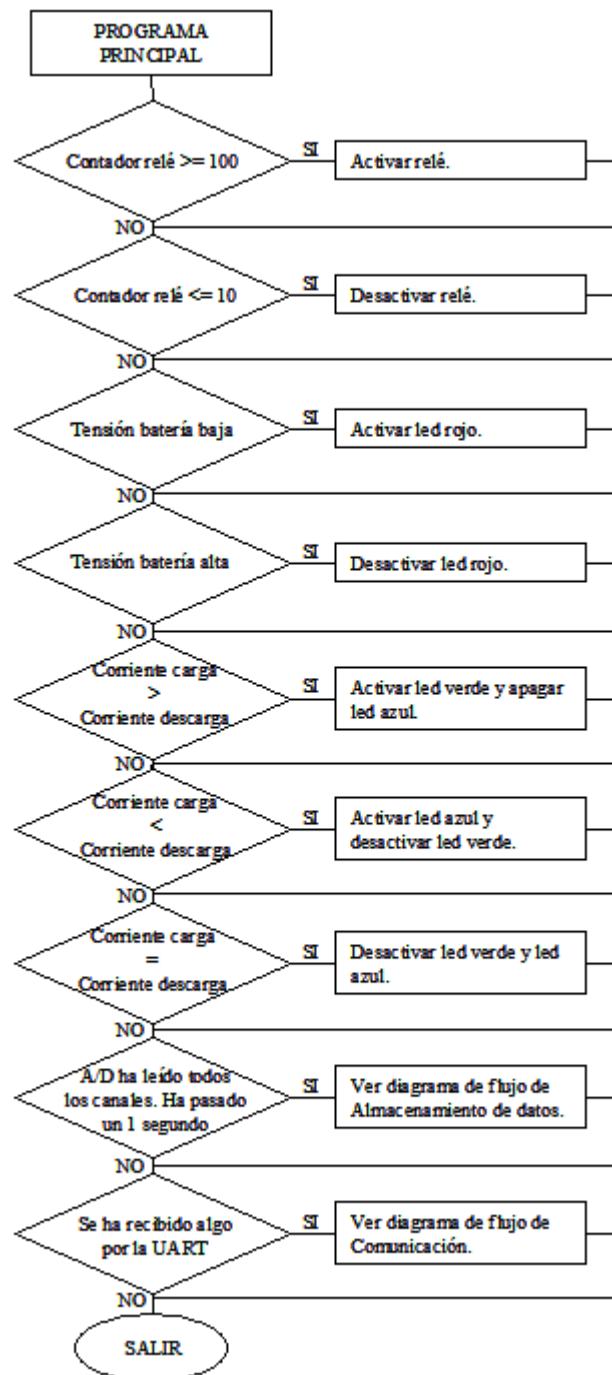


Figura 4.5. Diagrama de flujo del bucle principal.

Como puede observarse en la Figura 4.5., el relé se activa o desactiva si se ha detectado en la interrupción del Timer 0 unas 90 veces que la corriente es excesiva o normal. Como se cuenta dentro del Timer 0 que salta cada 20ms, por lo menos pasan 2 segundos para tomar una decisión sobre el relé, así se evitan conmutaciones indebidas del relé como se ha comentado anteriormente.

También se valúa el nivel de tensión de la batería, es decir, el nivel de carga. Los umbrales para decidir si la batería está baja o alta se han puesto con un umbral de histéresis. El umbral para que el sistema sepa que la batería está baja son 10V, y para que esté operativa son 11V. Estos datos cambian cada 10 segundos, por lo que el led rojo cambiará como mucho cada 10 segundos, suponiendo que la batería tuviese unas fluctuaciones de tensión muy grandes.

Mirando los leds verde y azul de la placa se puede saber si la batería se está cargando o descargando. Esto se hace simplemente comparando los valores de carga y descarga de la batería, y según el que sea mayor se encenderá un led u otro. Si la corriente de carga es mayor que la de descarga, es decir, la batería se está cargando, se encenderá el led verde. En caso contrario, la batería se estará descargando y se encenderá el led azul. Si las corrientes de carga y descarga fueran iguales no se encendería ningún led, porque la batería no se estaría cargando ni descargando.

Dentro del programa principal se cuentan las veces que se leen los canales del A/D, es decir, se cuenta cada vez que pasa 1 segundo. Cuando el contador llega a 3600 quiere decir que ha pasado 1 hora, por lo que se guardan los últimos datos en la memoria extendida del microcontrolador. Así se puede tener un historial de lo que ha ido pasando en el sistema cada hora. Para ver con detalle como funciona esta parte del programa se puede ver la Figura 4.6.

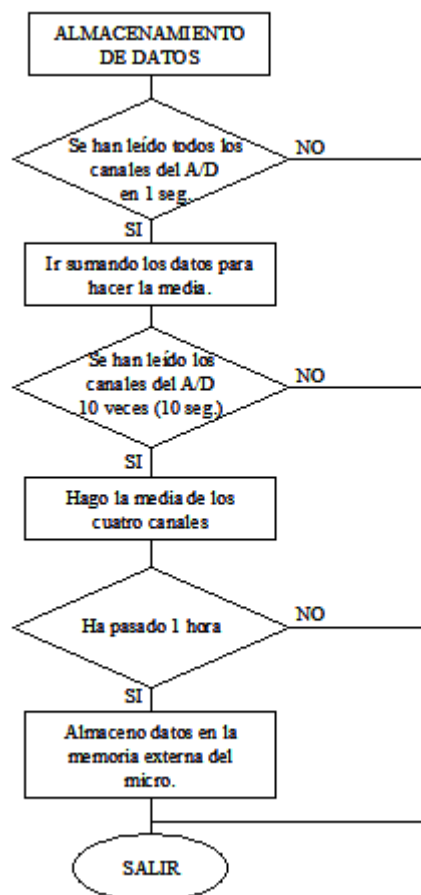


Figura 4.6. Diagrama de flujo Almacenamiento de datos

Lo último que hace el programa principal es preguntar si se ha recibido algún dato por la UART. En caso de recibir datos, y que formen un código válido, se procederá a realizar la acción asociada a dicho código. Con uno de los códigos por ejemplo se puede activar el shunt una vez. En la Tabla 4.1. están las acciones asociadas a cada código. En caso de que se reciba cualquier código que no empiece por guión (-) tenga dos caracteres entre medias y acabe en asterisco (\*) no se hará nada. Si se recibe un código que empieza por guión y acaba por asterisco pero no corresponde a ningún código asociado a acción, se enviará por la UART un mensaje que dirá: Código no válido.

<b>CÓDIGO</b>	<b>ACCIÓN A REALIZAR</b>
-10*	Enviar el valor de las cuatro señales analógicas almacenadas cada hora
-20*	Enviar el valor de las cuatro señales analógicas almacenadas cada 10 segundos.
-30*	Activar el shunt y su led asociado una vez.
-40*	Conmutar relé una vez y dejarlo como estaba.
-11*, -12*, -13*, -14*	Modo calibrado: ON. (Empezar a enviar algo continuamente).
-11*	Enviar continuamente la tensión del panel (vp).
-12*	Enviar continuamente corriente de carga de la batería (vcb).
-13*	Enviar continuamente la tensión de la batería (vb).
-14*	Enviar continuamente corriente de descarga de la batería (vdb).
-00*	Modo calibrado: OFF. (Dejar de imprimir cualquier cosa).

**Tabla 4.1. Acciones asociadas a cada código.**

El programa principal también tiene una pequeña parte más en la que se pregunta por unas variables que se modifican según el código recibido. Según estas variables se envía por la UART continuamente un valor de las señales analógicas. Esto se llama el Modo de Calibrado, porque el sistema está enviando continuamente esos valores, y un usuario con su PC puede estar recibiendo estos datos. Según esos datos el usuario puede ajustar los potenciómetros de la placa hasta que el valor leído sea el que corresponde al valor de la tensión o corriente establecidos para el ajuste de la placa. La parte de la toma de decisiones en función del código recibido del bucle

principal se puede ver en la Figura 4.7. Para ver la parte de continuación del diagrama de flujo principal en la que se imprimen datos en función de las variables modificadas según el código recibido, se puede ver la Figura 4.8. que debería ir dentro del diagrama de flujo de la Figura 4.5.

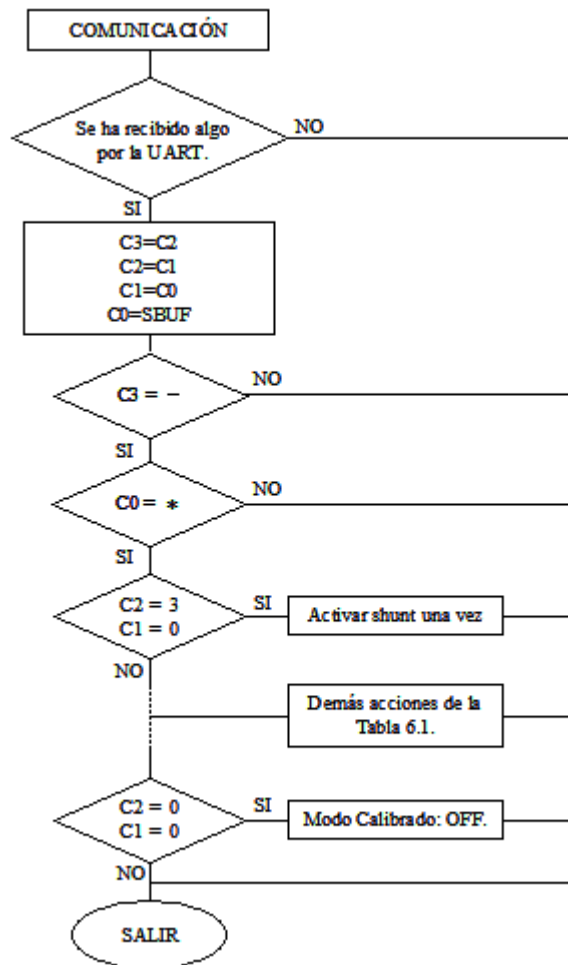


Figura 4.7. Diagrama flujo Comunicación.

Como se ve en la Figura 4.7., se evalúan cuatro caracteres para ver si corresponden al modelo especificado. Los caracteres se leen del registro del microcontrolador SBUF. Para saber si se ha recibido algo por la UART lo que se pregunta es si el bit RI se ha puesto a “1” lógico. Si RI es igual a “1”, quiere decir que se ha recibido algo, por lo que se cambian una posición los caracteres recibidos y se comprueba si es un código válido. En tal caso se realiza la acción correspondiente.

Como se ve en la Figura 4.8. se ha hecho coincidir el valor de las variables con los dos caracteres centrales del código para simplificar. Así con el valor 11 se sabrá que es para enviar continuamente el valor de la tensión del panel.

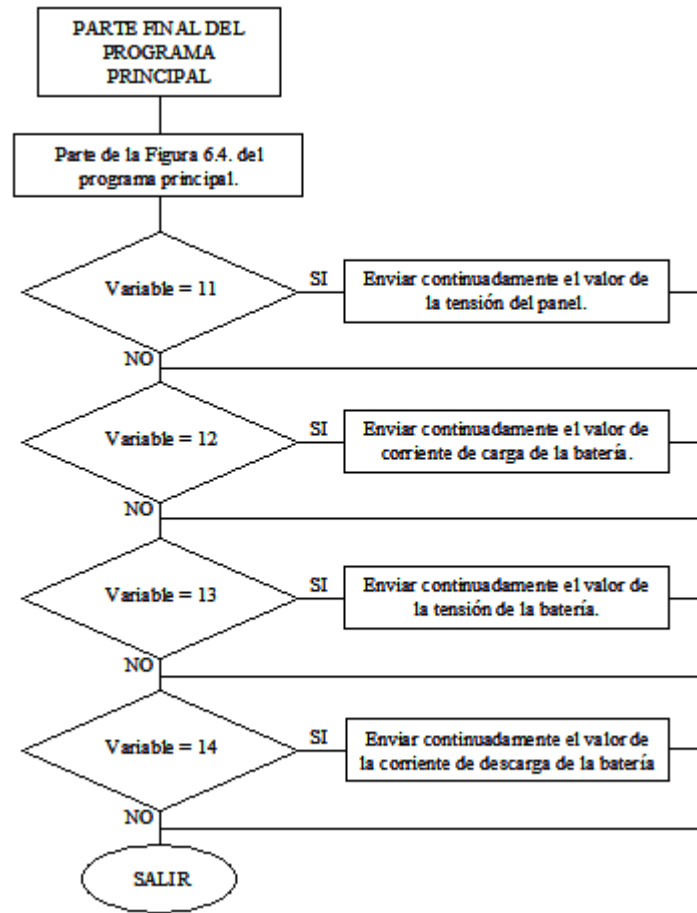


Figura 4.8. Diagrama de flujo de la parte final del bucle principal.

## 4.2. Herramientas software

Silicon Labs facilita unas herramientas software que ayudan en el diseño del sistema. En total son tres herramientas que se pueden descargar de la página web de Silicon Labs. Una de ellas genera el código para configurar el microcontrolador según se necesita. Otra para compilar, depurar y cargar el programa al microcontrolador. La última para poder comunicarse con el micro a través del puerto USB.

Para configurar el microcontrolador primero es necesario saber las características del sistema, y los recursos del micro que se van a usar. Luego se ejecuta la herramienta, se van eligiendo opciones y el código se va generando automáticamente.

Esta instalación necesita 15 puertos del micro, 5 de ellos analógicos, los demás digitales. Están incluidos el led y el potenciómetro de la placa de desarrollo en la que se vende el microcontrolador. Necesita que el conversor A/D esté habilitado y que realice 7812 conversiones por segundo. También necesita que se habilite la UART con 8 bits y 4800 baudios. Los timers que se van a usar hay que habilitarlos. El Timer 0 se dispara

cada 20ms, el 1 fija la velocidad de la UART, y el 2 dice cuando arranca el convertidor A/D. El Timer 0 en modo 16 bits, el 1 en modo 8 bits y el 2 en modo 8 bits autorrecarga. Finalmente hay que habilitar todas las interrupciones que se vayan a usar (la general, la del Timer 0 y la del convertidor A/D) y dar prioridad a la interrupción del convertidor A/D. El convertidor A/D hay que configurarle para que la primera señal que lea sea la del puerto 1.1 que es la tensión del panel y que arranque la conversión con la interrupción del Timer 2. El oscilador se deja el del micro que son 24,5MHz. Como tensión de referencia se pone  $V_{DD}$  que son 3,3V.

Como se da prioridad a esa interrupción, eso hace que la interrupción del Timer 0 no salte todas las veces que debería en su justo tiempo, por lo que el calculo inicial hecho para que el shunt durase 2 segundos encendido y medio apagado, al final se ha ido ajustando hasta que realmente dura ese tiempo.

Todo esto se puede hacer con la herramienta antes mencionada. Un ejemplo de lo que se selecciona se ve en la Figura 4.9.

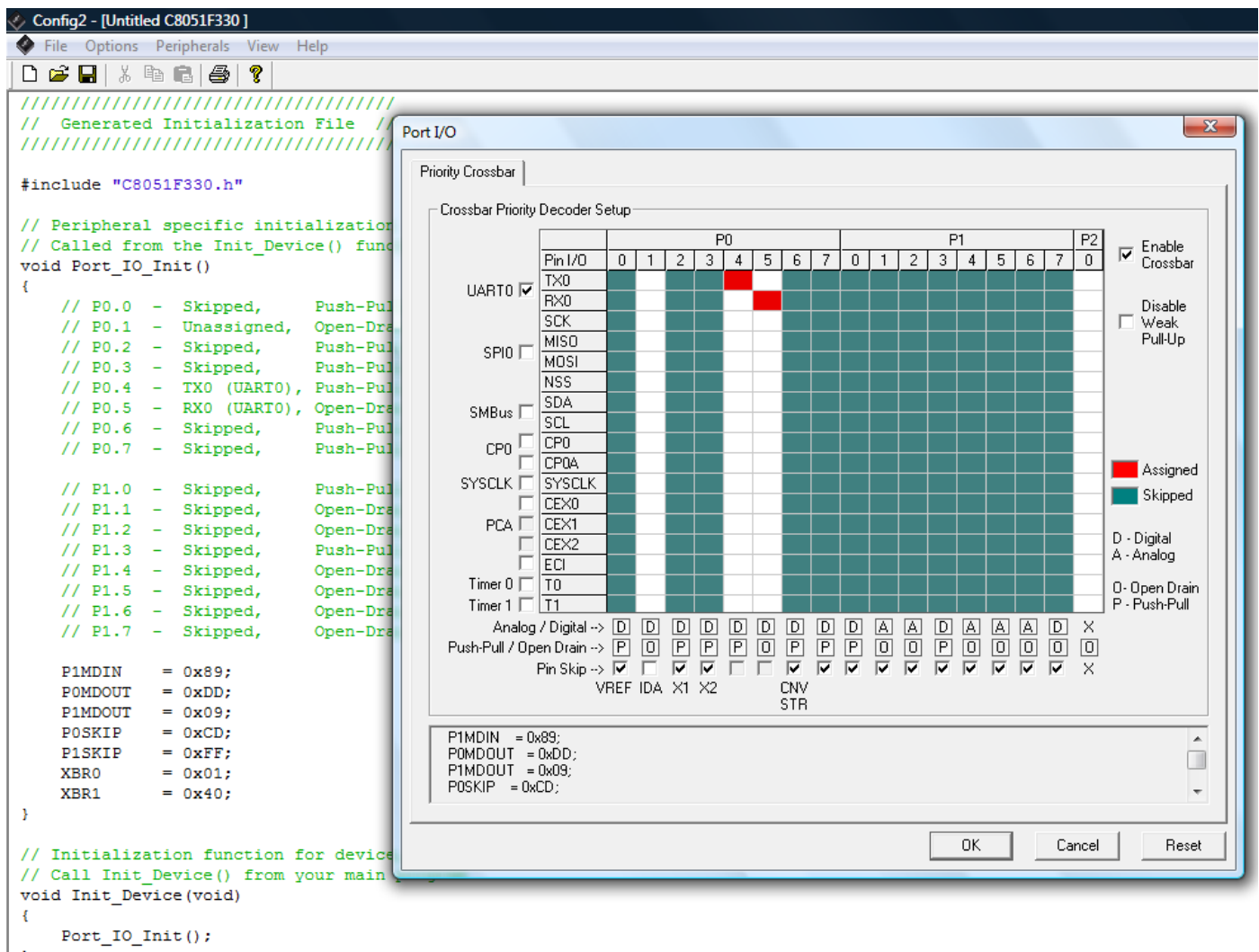


Figura 4.9. Herramienta configuración microcontrolador.

Se observa como se van eligiendo los puertos a usar, y la herramienta genera el código necesario para cargárselo al micro y que quede configurado correctamente. Así con todos los demás recursos del microcontrolador.

La otra herramienta es la que sirve para compilar, depurar y cargar el código. Es preciso crear un nuevo proyecto en formato .c, ya que se programará en Lenguaje C. También hay que seleccionar el modo de conexión del micro al PC para poder cargar los datos. En este caso se selecciona USB. Una vez hecho esto ya solamente resta programar escribiendo el código necesario y después compilar, depurar errores y cargar al micro cuando el código sea correcto. En la Figura 4.10. se ve el programa que se usa.

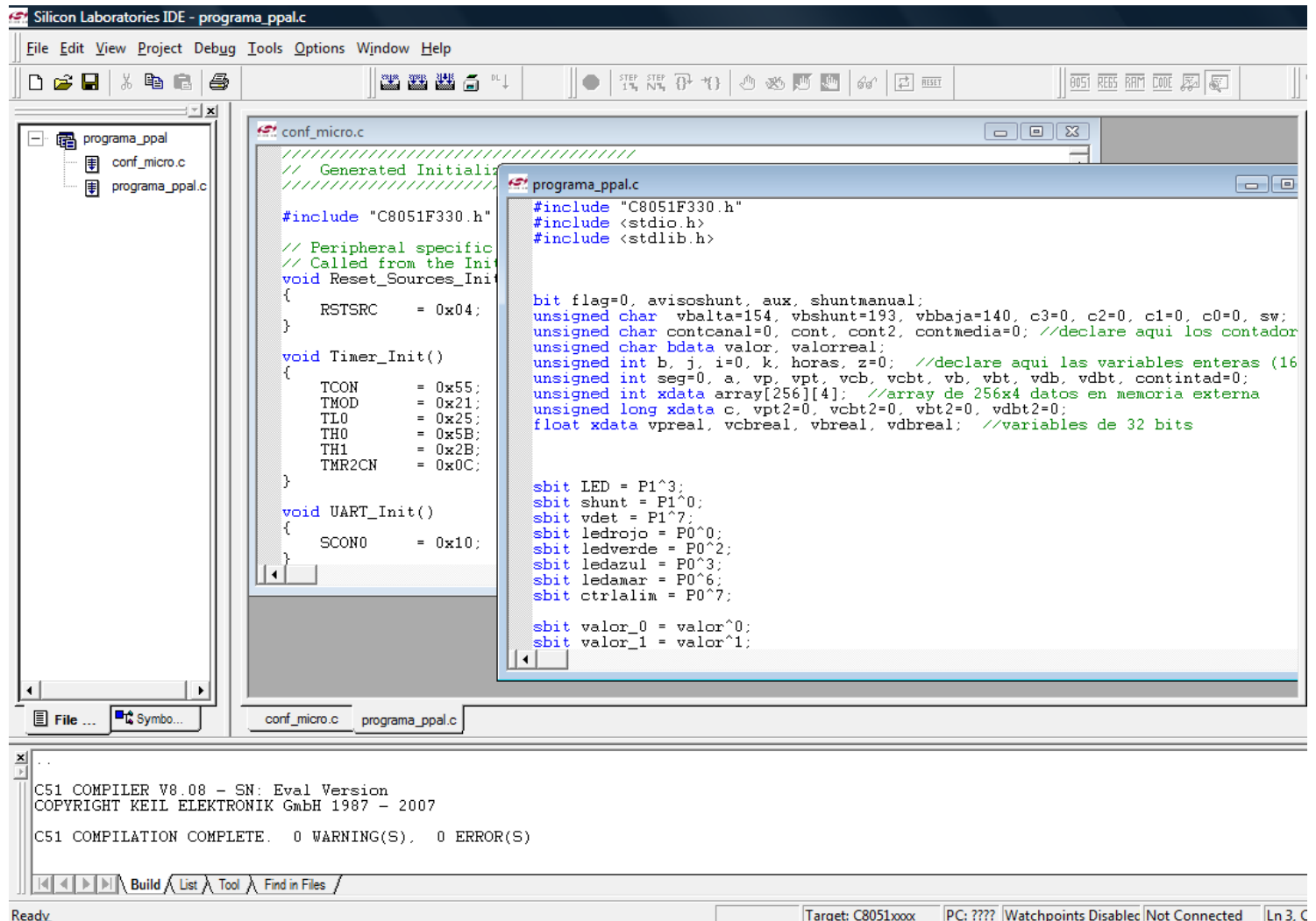


Figura 4.10. Herramienta para compilar, depurar y cargar el programa.



La última herramienta que se ha usado en el presente proyecto es la de comunicación. Se llama Toolstick Terminal. Solamente hay que conectarla con la placa del micro diciendo el modo (USB) y ya se puede comunicar. Tiene una caja de texto para enviar datos y otra para recibir. En la Figura 4.11. se ve un ejemplo recibiendo datos.

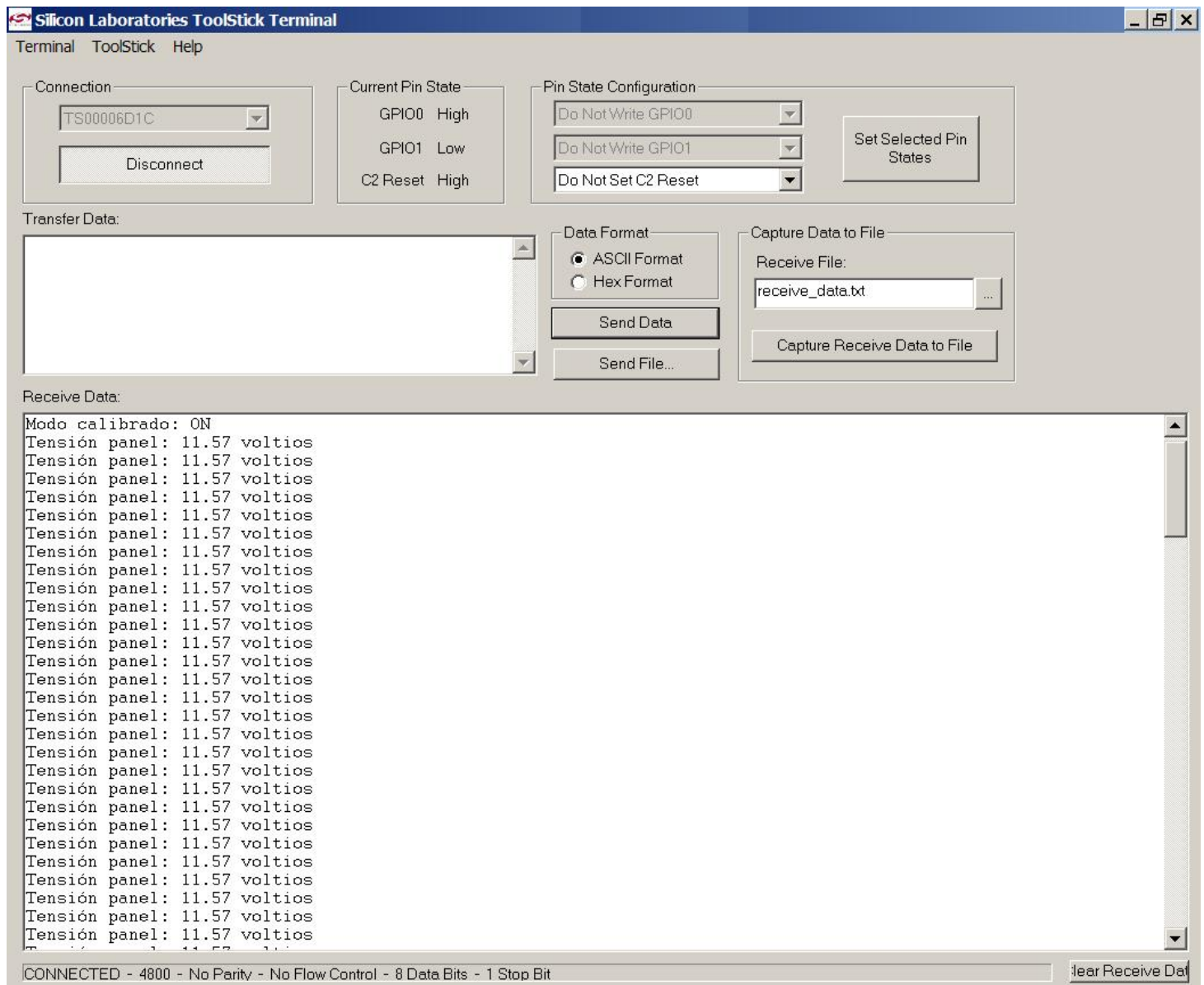


Figura 4.11. Herramienta comunicación PC –  $\mu$ C.

### 4.3. Listado comentado

Después de saber como se usan las herramientas se pasa a la fase de programar. Se va escribiendo el programa y probándole con la placa del micro, hasta que funciona correctamente. Es un programa en Lenguaje C bastante sencillo, con sentencias “if – else”, que es la manera de preguntar por los valores de las variables de la instalación. También se incluye la función “switch” con sus respectivos “case”, que sirve para poder enviar información por la UART en función de lo recibido. Los datos se reciben en el registro SBUF. Para enviar datos se realiza mediante la función “printf”. En el programa se usan variables de varios tipos, desde bit hasta long, pero todas unsigned. También se usa un array en la memoria extendida para almacenar los datos del sistema.

Todo el programa con sus declaraciones, funciones de las interrupciones y sus comentarios se encuentra en el anexo. También se adjunta el programa de configuración del micro sin el cual no funcionaría el otro programa.

# Capítulo 5

## **Diseño del**

# **Software de Visualización**

## 5. Diseño del Software de Visualización

Se ha diseñado un software de visualización con Visual Basic, el cual sirve para poder enviar y recibir datos del PC al microcontrolador mediante el puerto RS-232. Los datos recibidos se pueden introducir en unas casillas para poder ver de forma gráfica el estado del sistema. Se reciben números de 0 a 255, estos números son los que se deben introducir en las casillas, y el programa en Visual Basic los transforma en tensiones o corrientes diciendo el nivel de carga y la tensión o corriente exacta.

Existen dos barras de carga en las que se puede visualizar el nivel de la corriente de carga y de descarga de la batería. Así se sabe qué corriente está transfiriendo el panel solar a la batería, y qué corriente transfiere la batería al inversor que alimenta la vivienda. Rápidamente se puede observar si la batería se está cargando o descargando en función de que nivel es superior.

Por otra parte hay dos niveles que indican la carga de la batería y del panel. Además hay una indicación del nivel óptimo que serían 12V. Así se puede observar el nivel de carga de la batería para saber si durará mucho o no, y también el nivel de tensión que da el panel solar que dependerá de la incidencia de los rayos de sol que esté recibiendo.

Lo que se pretende con este software de visualización es tener una aplicación por la que poder comunicarnos con el microcontrolador. Así se pueden recibir unos datos que si se introducen en las casillas y se da a un botón recalculará todos los niveles. Después de dar al botón se consigue una idea de cómo está funcionando la instalación.

La parte de visualización se puede ver en la Figura 5.1., y la parte de comunicación en la Figura 5.2. El sistema completo se ve en la Figura 6.11. del siguiente capítulo.

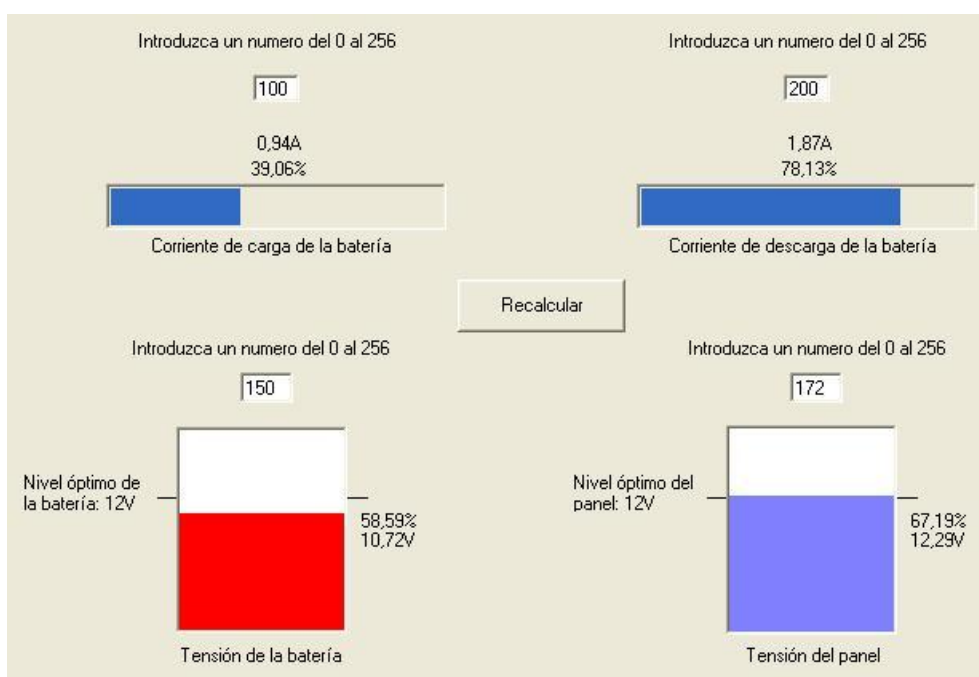


Figura 5.1. Foto de la parte de visualización.



**Figura 5.2.** Foto de la parte de comunicación entre el PC y el microcontrolador

La programación en Visual Basic consta de una parte en la que se van insertando objetos físicos (como botones, cajas de texto...) en una ventana. Cuando se abre un botón, caja de texto o la misma ventana, aparece una parte general en la que se escriben las líneas de código que se realizan siempre. Por otra parte están las funciones de los botones, que saltan cada vez que se pulsan. Al saltar se ejecutan las líneas de código que contenga la función. Este tipo de programación tiene una sintaxis parecida a la del Lenguaje C. Por ejemplo, también se han usado sentencias If – Else dentro de las funciones. El programa completo del Software de Visualización incluyendo las funciones de los botones, los comentarios y declaraciones se puede ver en el anexo.

# Capítulo 6

## **Construcción y pruebas**

## 6. Construcción y pruebas

Después de tener definido como va a ser la instalación, es necesario construirlo para después probar si funciona correctamente.

Para la construcción de las placas de circuito impreso se ha usado el paquete Orcad de Cadence. La parte del diseño de las PCB's se detalla en el apartado 6.1.

### 6.1. OrCad – Layout

Con el paquete Orcad de Cadence, en concreto las aplicaciones de Pspice y Layout se han construido las dos PCB's.

Primero es preciso capturar el esquemático, es decir, poner todos los componentes unidos correctamente. También hay que incluir las clemas, se usa el objeto jumper que viene en la biblioteca de Pspice y no afecta a las simulaciones.

Después es necesario asociar una huella a cada componente. Las huellas se llaman footprints. Para los componentes más comunes como resistencias, condensadores, chips integrados y demás las huellas están creadas e incluidas en las bibliotecas. Solamente es necesario mirar la hoja de características del componente el encapsulado que tiene y asociarlo a ese componente. Pero para componentes específicos como las clemas, los diodos de potencia, los leds, el relé, el interruptor, el varistor, es preciso crear las huellas. Para crear las huellas se usan la aplicación de Layout, y mediante las medidas del componente bien sea de su hoja de características o midiendo el componente físicamente se crea la huella. En la Tabla 6.1. se ven las huellas asociadas a cada componente.

COMPONENTE	FOOTPRINT
Clema	Creada.
Resistencia	AX/RC05
Resistencia para medir corriente	Creada.
Potenciómetro	VRES10
Condensador cerámico	RAD/CK05
Condensador electrolítico	Creada.
Led	CYL/D.200/LS.100/.031
Diodo de potencia MUR 460	DAX2/DO204AR
Diodo 1N4007	DAX/1N_4001-4007
Reguladores de tensión de 3,3V y 5V	TO220AB
Transistores IRF530 y BD135	TO220AB
Transistor BC547	TO92
AD620	DIP.100/8/W.300/L.450
LM324	DIP.100/14/W.300/L.800
MAX232	DIP.100/16/W.300/L.800
Interruptor	Creada.
Conector header del micro 16 patas	BLKCON.100/VH/TM2OE/W.200/16
Conector header del micro 5 patas	BLKCON.100/VH/TM1SQ/W.100/5
Conector DB9	DSUB/RS.584/TM/9
Varistor	Creada.
Relé	Creada.

**Tabla 6.1. Footprints (huellas) asociados a cada componente.**

Una vez que se tienen todos los componentes con huella asociada es necesario crear la netlist con el Pspice. Después se abre la aplicación Layout y se carga la netlist generada. Una vez hecho todo esto empieza la parte de diseño más importante, que es ubicar los componentes en la placa y después rutar las pistas. Para este proceso es recomendable dibujar un boceto del diseño en papel para que luego sea más fácil ubicar los componentes en la placa. En la placa secundaria solamente ha hecho falta la capa “bottom”, ya que es sencilla y no tiene muchas pistas por lo que se pueden rutar todas por una misma capa. En la placa principal ha sido necesario rutar por dos capas, por lo que algunas señales se han rutado por la cara “top” y la gran mayoría por la “bottom”. Hay ciertos componentes como los conectores del micro (header) que no se pueden soldar por la cara “top” por lo que ha sido necesario poner vías para conectar la cara “top” con la “bottom” y así poder soldar por la cara “bottom”. En los demás componentes que no se pueden soldar por la cara “top” se han trazado las pistas por la cara “bottom” para así poder soldarlas. Estos componentes son las resistencias para medir la corriente, los potenciómetros, las clemas y el conector DB9. Los demás se pueden soldar por las dos caras.



En las Figuras 6.1. y 6.2. se pueden ver las capas “top” y “bottom” respectivamente de la placa principal. La capa “global layer” se adjunta en el anexo, en la parte de esquemas.

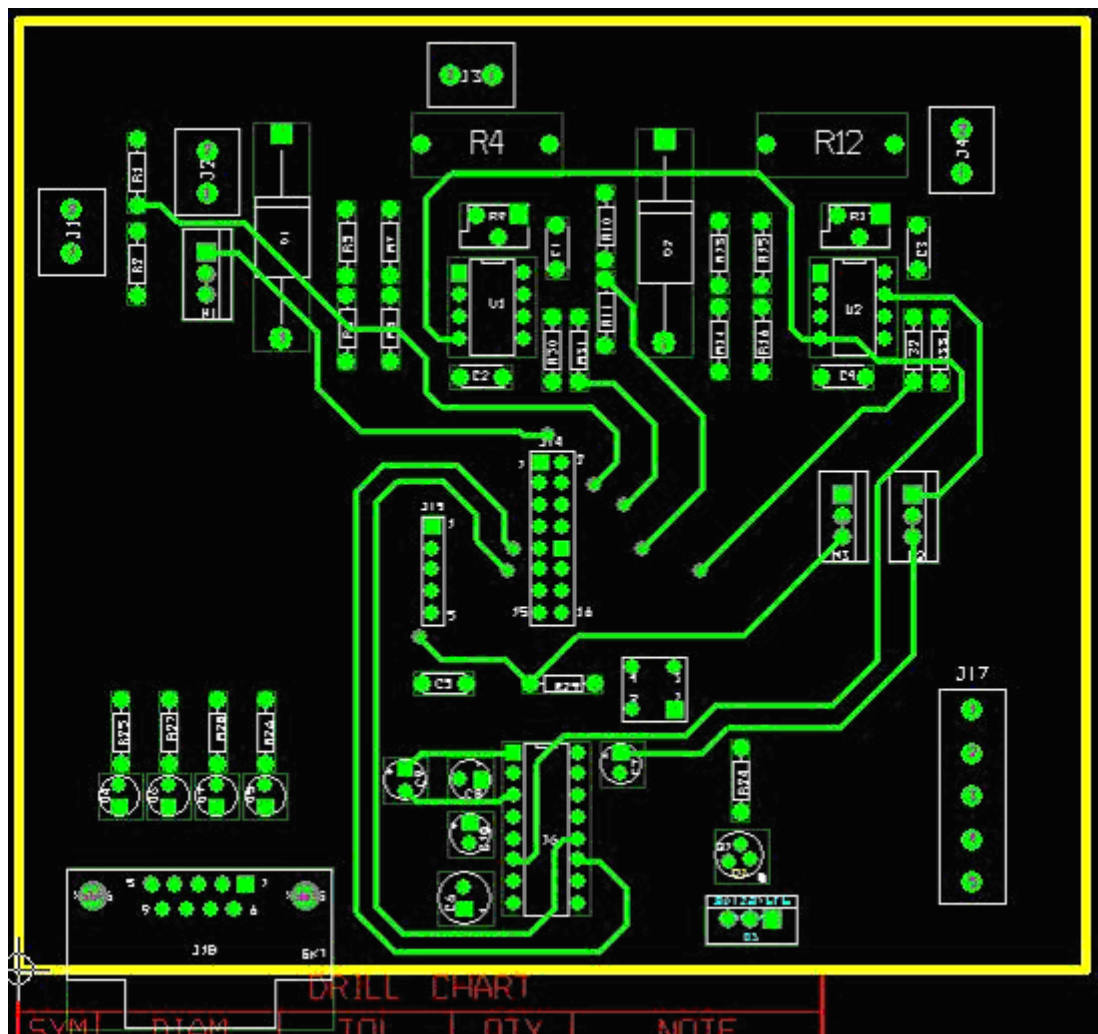


Figura 6.1. Capa “top” de la placa principal.

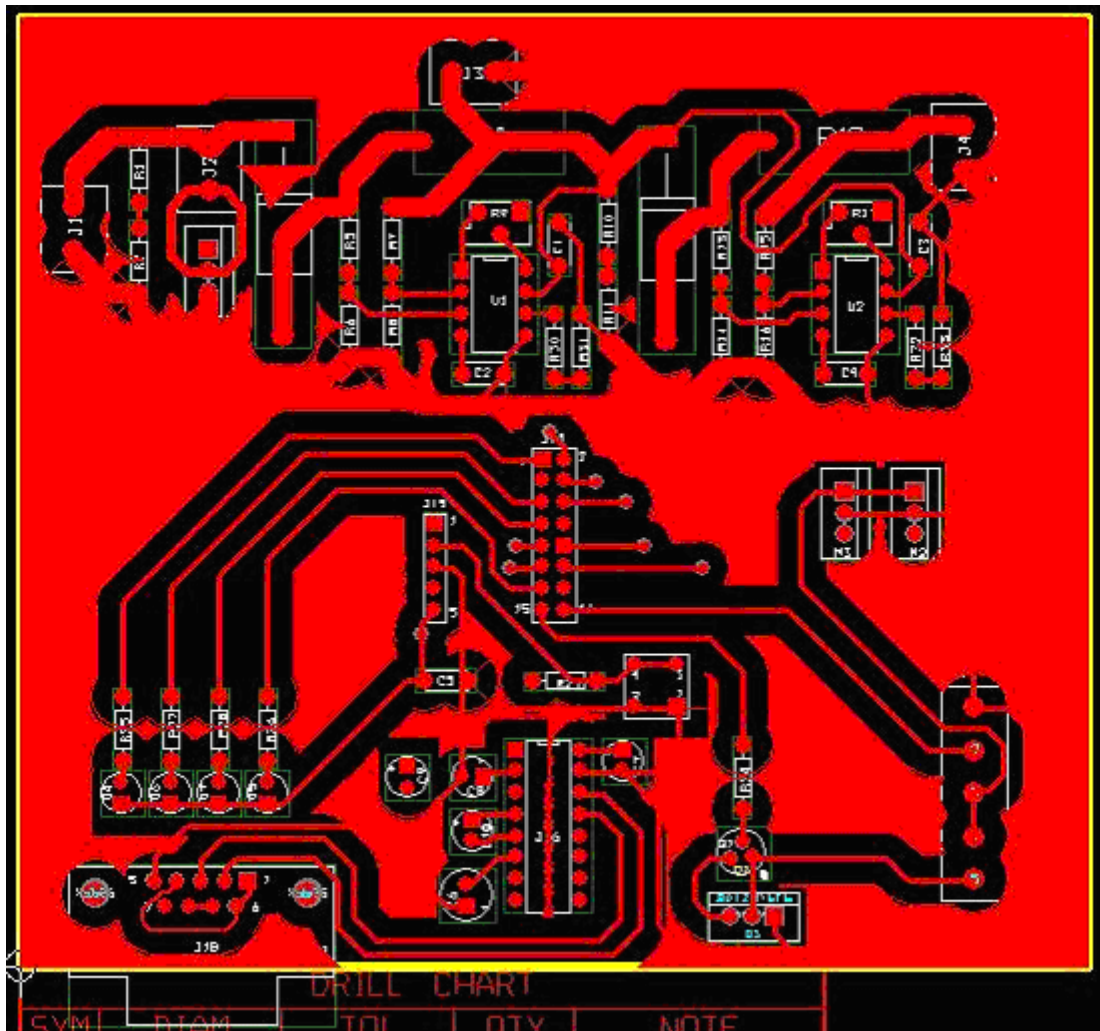


Figura 6.2. Capa “bottom” de la placa principal.

En la Figura 6.3. se puede ver la capa “bottom” de la placa secundaria.

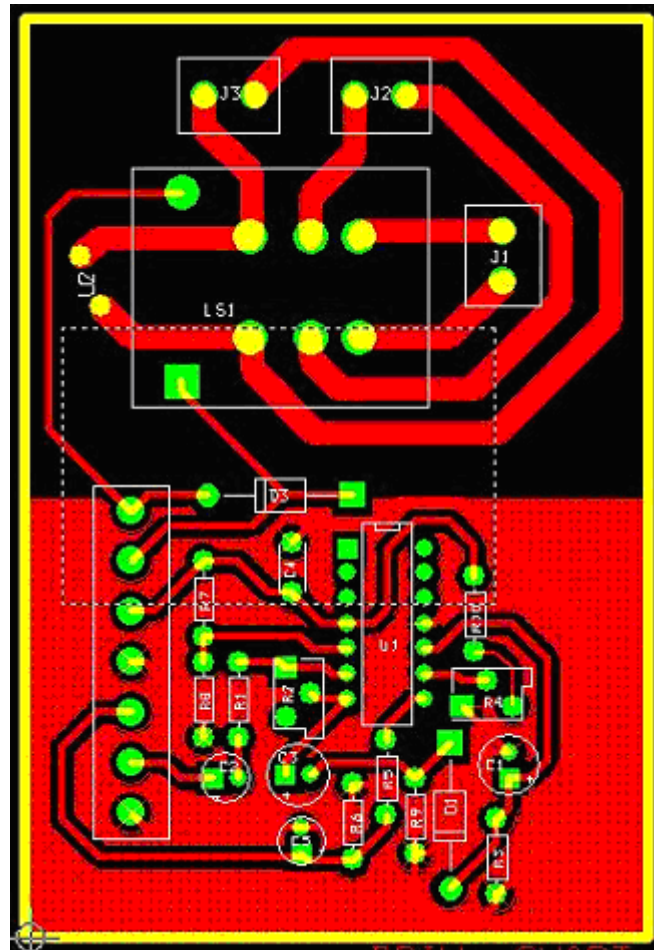


Figura 6.3. Capa “bottom” de la placa secundaria.

Es necesario definir unas características de diseño para realizar las PCB's. Entre estas características está el ancho de las pistas. Para pistas de señal se ha elegido 30mils de anchura (100mils – 2,54 mm). Para las pistas de potencia es necesario poner 1mm por cada amperio. Como nuestro diseño puede dar unos 2,4A máximo, se ponen pistas de 100mils que teóricamente aguantan hasta 2,54A, por lo que soportarán la corriente que pase por ellas. Para la masa se ha hecho un plano de masa. En la placa principal se ha puesto un aclarado de 100mils para que no se produzcan cortocircuitos entre el plano de masa y otras pistas. El aclarado es la distancia entre el plano de masa y las pistas. En la placa secundaria se ha optado por poner plano de masa sólo en la parte necesaria y evitar así poner plano de masa por donde están las pistas de potencia. Otra característica que se ha modificado en el presente diseño han sido los “pads” de los componentes. Los “pads” son los aros de cobre para soldar el componente una vez taladrado. Para facilitar las soldadura, estos “pads” cuanto más grandes sean mejor, por lo que se han puesto lo más grandes posibles. En la Tabla 6.2. se muestra el tamaño de los “pads” asociado a cada componente.

COMPONENTE	TAMAÑO TALADRO	TAMAÑO “PAD”
Clema	53	110
Resistencia	28	90
Resistencia para medir corriente	42	100
Potenciómetro	28	90
Condensador cerámico	34	90
Condensador electrolítico	31	80
Led	31	80
Diodo de potencia MUR 460	62	120
Diodo 1N4007	46	100
Reguladores 3,3V y 5V	54	80
Transistores IRF530 y BD135	54	80
Transistor BC547	31	80
Zócalos DIP 8, 14 y 16 patas	34	80
Interruptor	37	80
Conectores header del micro	37	80
Conector DB9	42	80
Varistor	31	90
Relé	90	140

**Tabla 6.2. Tamaños taladros (“drills”) y “pads” en milésimas de pulgada.**

Una vez que se tienen las PCB’s diseñadas, se mandan fabricar, se taladran, se colocan los componentes y se sueldan. Es recomendable no soldar todos los componentes a la vez, sino soldar parte por parte e ir las probando para detectar mejor si ha habido un fallo en las soldaduras. Eso es lo que se ha hecho en este proyecto. Una vez soldados todos los componentes ya se tiene la placa fabricada completamente. Las fotos de las dos PCB’s acabadas se pueden ver en el apartado 6.2.



## 6.2. Fotos del montaje

Una vez terminadas las placas se han hecho fotos para poder incluirlas en esta memoria. En la Figura 6.4. se puede ver la placa principal. En la Figura 6.5. la placa secundaria. En la Figura 6.6. se muestra el sistema completo y conectado.

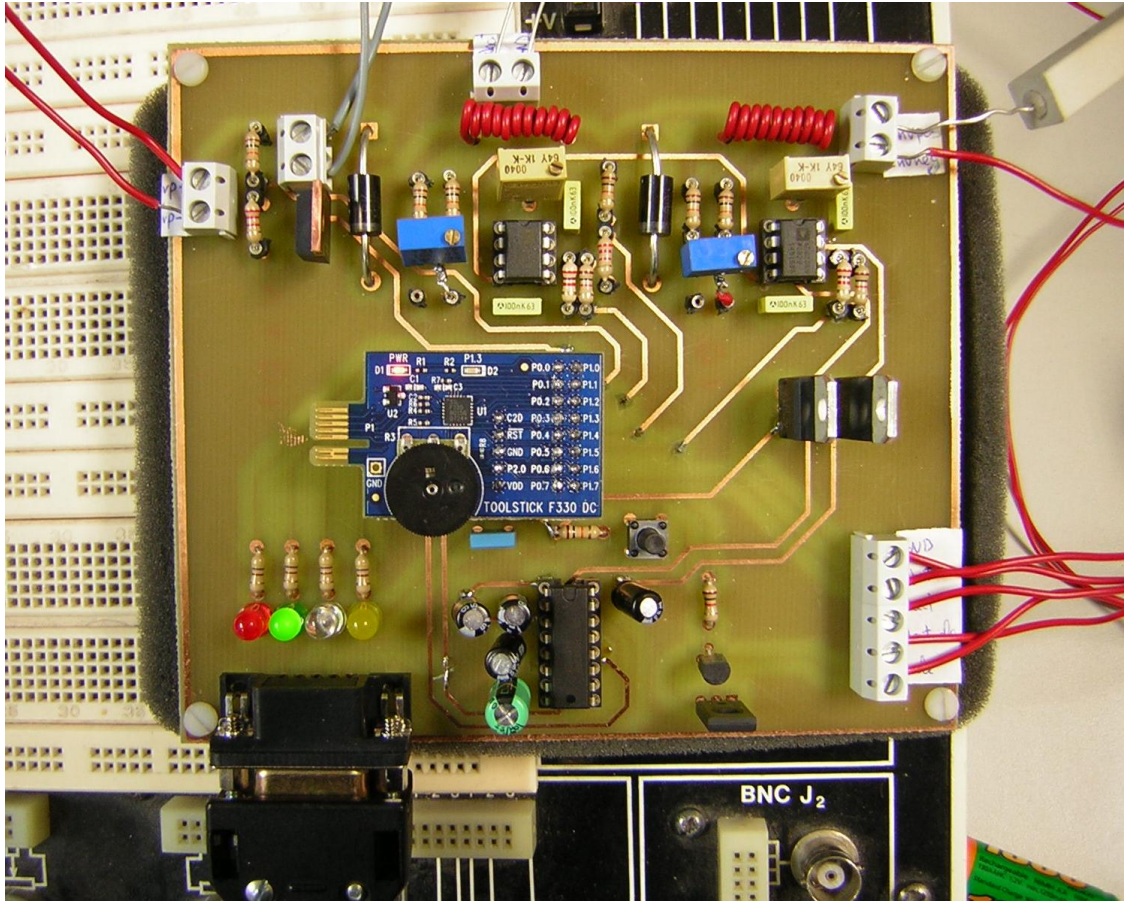
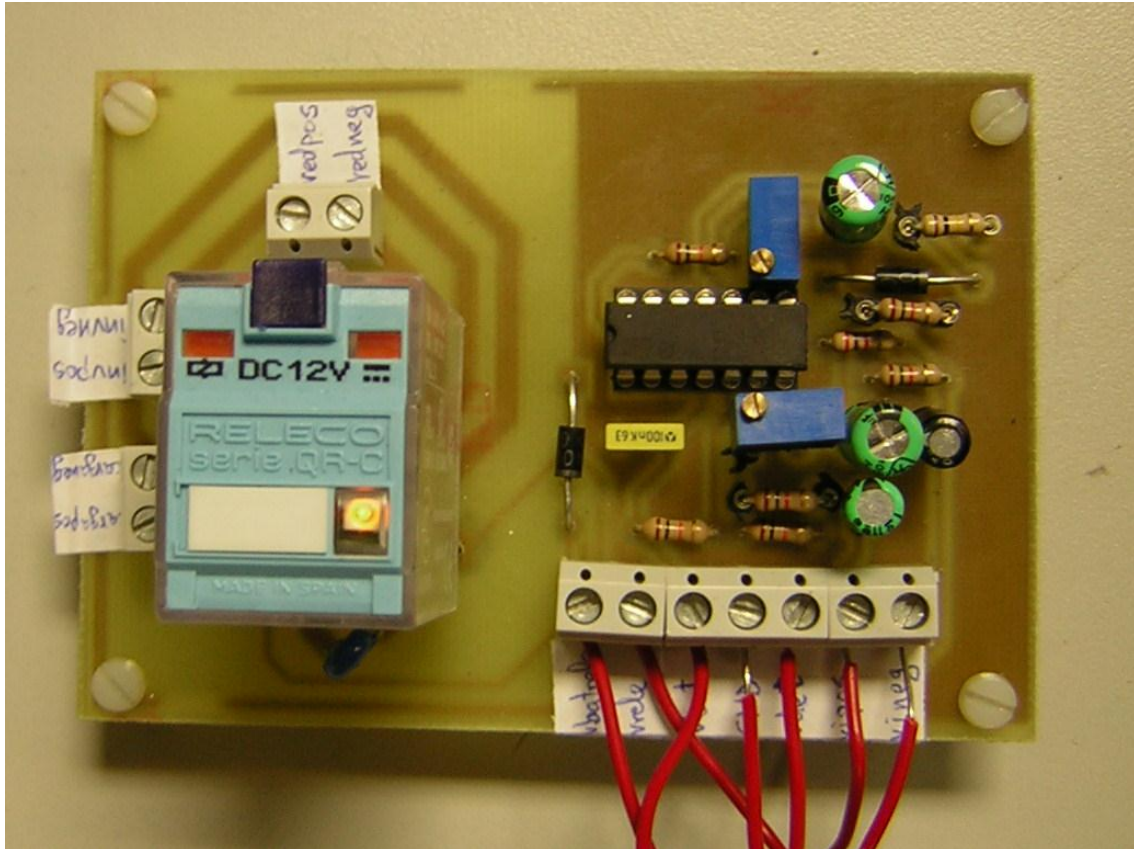


Figura 6.4. Placa principal.

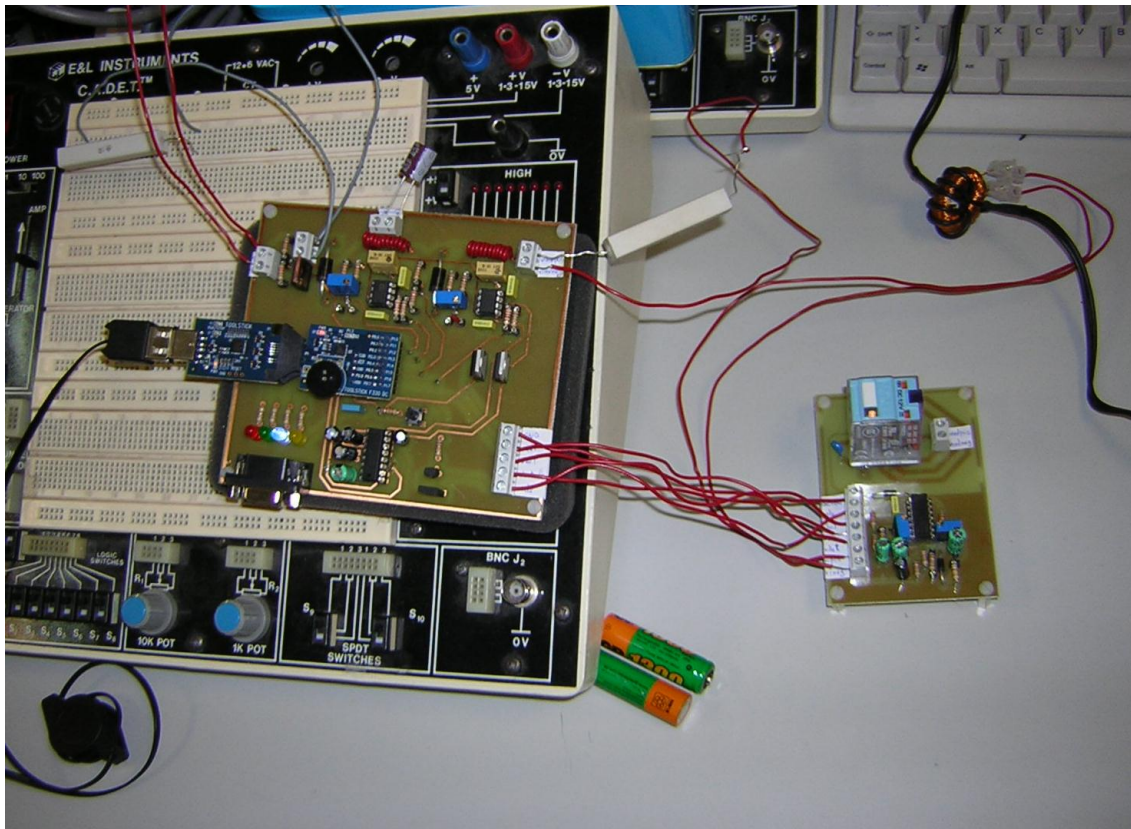
En la prueba en el laboratorio se usó como panel solar una fuente de alimentación, como batería un condensador de  $100\mu\text{F}$ , y como carga una resistencia de  $10\Omega$  de potencia para hacer pasar una corriente de alrededor de 1A.



**Figura 6.5. Placa secundaria.**

En la placa secundaria se hizo pasar por el toroide la corriente que demandaba una fuente de corriente puesta en cortocircuito, así se podía saber qué corriente exacta era la que inducía esa tensión en el toroide.





**Figura 6.6. Sistema completo.**

Como se observa en la figura, las dos placas se comunican con unos cables. Unos sirven para dar tensión a la placa secundaria, otros son las señales del relé y el que determina si se consume mucha corriente o no. También le entran a la placa secundaria dos cables conectados al toroide, que es la tensión (inducida por la corriente) que se rectifica. En esta foto el sistema se estaba comunicando por USB con el PC, ya que está conectada a la placa del microcontrolador la placa del conector USB.

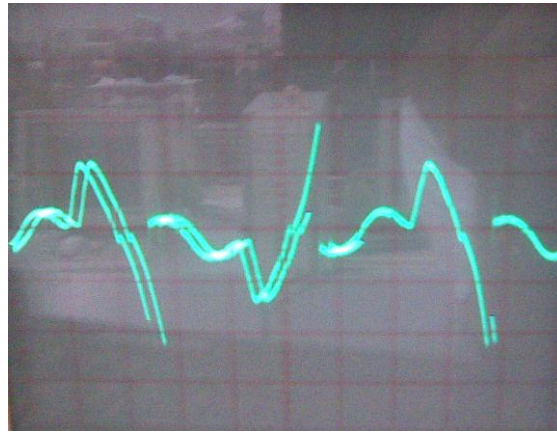
El sistema real funcionaría con el panel solar, la batería, el inversor y el toroide en la acometida de la vivienda. La parte de comunicación se podría realizar por USB o por el puerto RS-232.

### 6.3. Medidas

Una vez montado el sistema se han hecho medidas para comprobar el funcionamiento y saber ciertos valores determinantes. Las medidas se han hecho de las partes importantes del sistema que son los medidores de corriente, tanto de corriente alterna como de corriente continua.

En el caso de la medición de la corriente alterna, se ha conectado una fuente de corriente mediante el toroide. La fuente se ha puesto en cortocircuito, así se puede incrementar la corriente que consume con el mando que tiene la fuente. Esto hará que

por el cable en el que está el toroide pase la corriente que se visualiza en el display de la fuente. Esa corriente induce una tensión en el toroide que es la que se rectifica. Las medidas que se han realizado son las tensiones de pico del toroide en función de la corriente que pasa por él. La forma de onda a la salida del toroide es la de la Figura 6.7. En esa foto del osciloscopio la corriente era de 1,5A, que induce una tensión en el toroide, que es donde se mide, de unos 95mV<sub>p</sub>. Los mandos del osciloscopio estaban seleccionados en 50mV/div y 2ms/div.



**Figura 6.7. Forma de onda de la tensión en el toroide.**

En la Tabla 6.3. se pueden ver los valores de tensión inducida en función de la corriente. En el Gráfico 6.1. se muestra la representación gráfica de la Tabla 6.3.



CORRIENTE (A)	TENSIÓN (mVp)
0,1	22
0,2	23
0,3	24
0,4	24
0,5	25
0,6	26
0,7	27
0,8	46
0,9	50
1	56
1,2	60
1,4	65
1,5	95
1,6	100
1,8	105
2	120
2,3	160
2,5	165

Tabla 6.3. Tensión del toroide en función de la corriente.

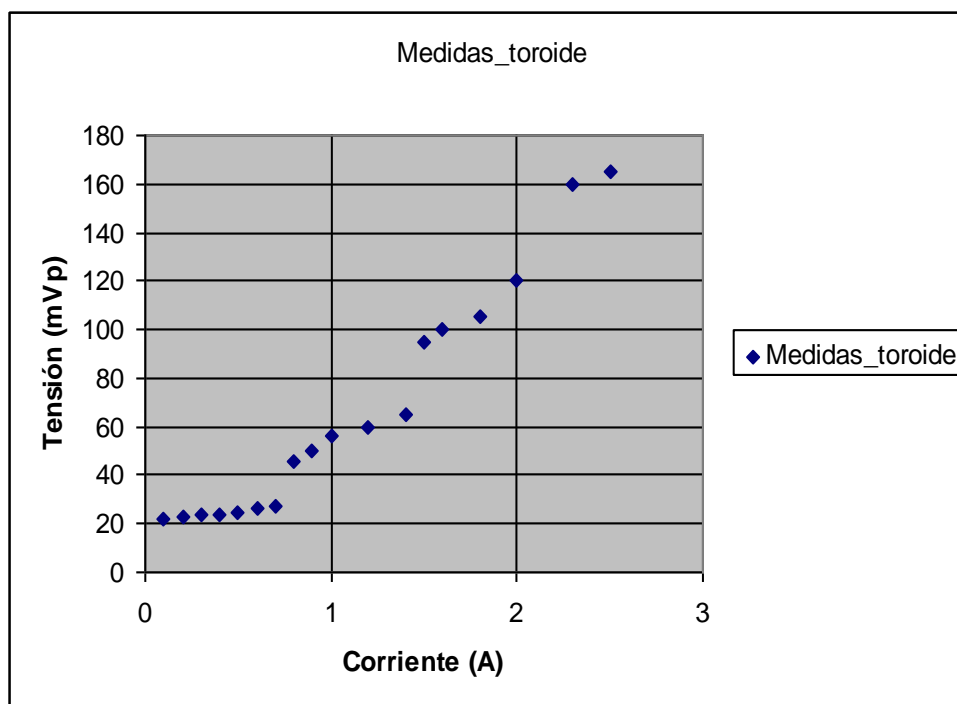


Gráfico 6.1. Tensión del toroide en función de la corriente.

De la gráfica se obtiene la conclusión de que la tensión aumenta según aumenta la corriente, que es lo que se quería, por lo que el sistema funciona correctamente. Después estas tensiones alternas se amplifican y rectifican para comparar con un nivel de tensión continua impuesto por un potenciómetro. Se amplifican lo máximo siempre y cuando no sature cuando se tiene una corriente de 2,5A. El nivel de comparación le hemos puesto en 1,2V ya que con 2A se obtienen 1,3V después del amplificado y el rectificado. Así en cuanto que la corriente pase de 2A, una señal se pondrá a “1” lógico. Un “1” lógico son 3,3V para el microcontrolador, por lo que con un divisor de tensión después del comparador se consigue que cuando se tienen 12V se transformen en unos 3,3V. El comparador pone 12V si la tensión rectificada es mayor que el nivel y 0V en caso contrario.

En conclusión, los resultados del medidor de corriente alterna son satisfactorios.

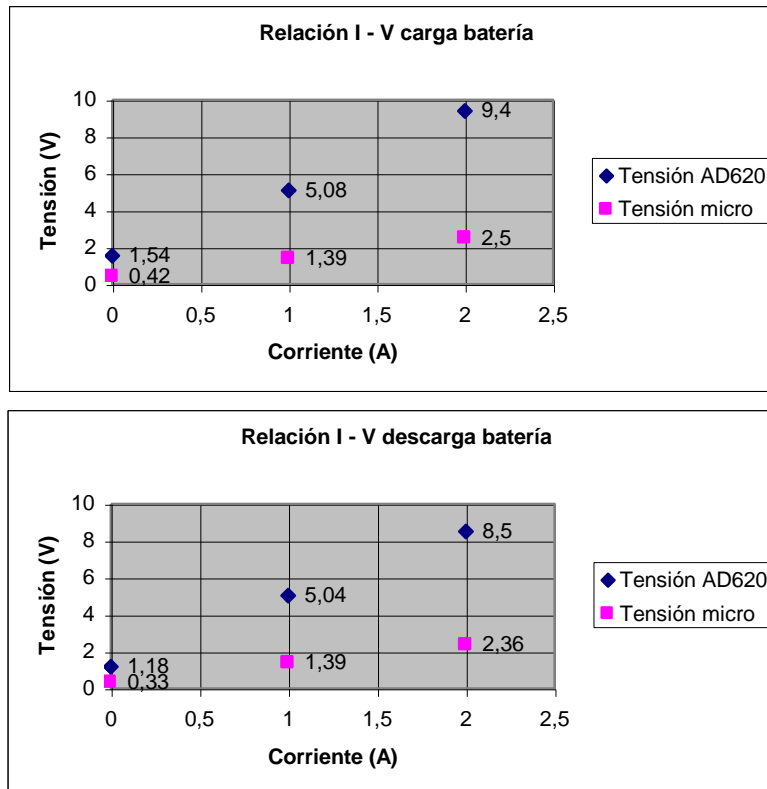
Para probar el funcionamiento y tomar medidas de los medidores de corriente continua se ha hecho pasar la corriente deseada a través de la resistencia shunt. Esa corriente provoca una pequeña caída de tensión en esa resistencia que es lo que se amplificará para medirlo. Para hacer pasar esa corriente por la resistencia se pone una fuente de corriente conectada a la resistencia y se hace pasar corriente con el mando de la fuente. Después se regula el potenciómetro del puente de resistencias para que con 0A se obtenga a la salida prácticamente 0V. Para proteger el microcontrolador ante tensiones negativas, se ha dejado alrededor de 1V a la salida con 0A. Haciendo pasar una corriente de 1A se quiere tener a la salida 5V, por lo que se regula el potenciómetro del amplificador AD620 para ello. Una vez que se tienen 5V con 1A es necesario volver a ajustar el potenciómetro del puente resistivo para tener 1V a la salida con 0A. Luego es necesario comprobar que con 1A hay 5V a la salida, y así sucesivamente, hasta que quede bien calibrado. Dicha operación hay que realizarla con cada medidor de corriente continua.

Cuando se tienen los dos medidores de corriente ajustados ya se pueden tomar las medidas. Dichas medidas están reflejadas en la Tabla 6.4.

CORRIENTE (A)	Tensiones carga batería		Tensiones descarga batería	
	V <sub>o</sub> (AD620)	V <sub>μC</sub>	V <sub>o</sub> (AD620)	V <sub>μC</sub>
2	9,4	2,5	8,5	2,36
1	5,08	1,39	5,04	1,39
0	1,54	0,42	1,18	0,33

**Tabla 6.4. Tensión salida AD620 y entrada al μC en función de la corriente.**

En el Gráfico 6.2. se puede ver la relación de corriente – tensión, de cada uno de los medidores de corriente continua del sistema, el de corriente de carga de la batería y el de corriente de descarga. Se muestran las tensiones de salida del AD620 y las de entrada al microcontrolador en función de la corriente.



**Gráfico 6.2. Relación de las tensiones en función de la corriente de carga y descarga de la batería.**

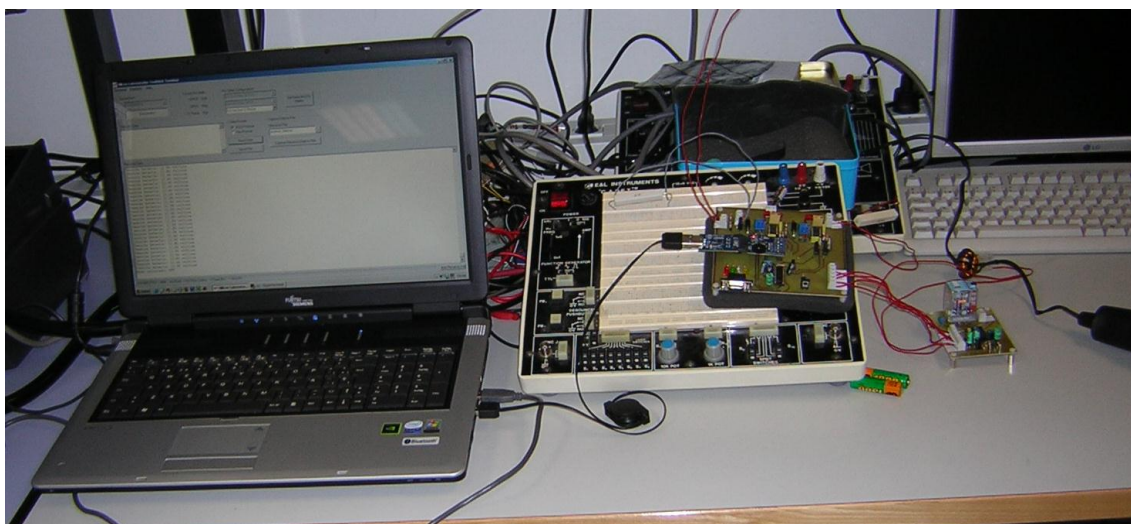
Como se observa, las dos gráficas son muy parecidas, por lo que son correctas porque miden prácticamente lo mismo. Además son más parecidos los valores de tensión que le llegan al microcontrolador que son los que usaremos, por lo tanto habrá menos error.

En la toma de medidas se detecta un pequeño error en el diseño, y es que la resistencia shunt hace efecto termopar por el contacto del estaño con el cobre, por lo que cuando se van calentando los diodos según pasa una corriente elevada, la tensión a la salida se eleva. Esto provoca que para tener los 5V haciendo pasar 1A desde 0A, tarde un poco en llegar a esa tensión. Esto no es un problema en el sistema ya que es un sistema bastante lento, es decir, no habrá un cambio brusco de corriente, y si lo hay actuará el relé. Por lo tanto las mediciones de corriente serán precisas, ya que el diodo tendrá la temperatura más o menos fija y no afectará a la salida. En conclusión, los medidores de corriente continua funcionan correctamente.

## 6.4. Fotos del sistema en operación con el PC comunicándose

El sistema puede funcionar independientemente una vez cargado el programa en el microcontrolador. No obstante, se puede comunicar con un PC bien sea por USB o por el puerto serie (RS-232). En las pruebas en el laboratorio el sistema ha funcionado perfectamente de las tres formas. Con el sistema independiente, con el sistema comunicando por USB y con el sistema comunicando por RS-232.

En la Figura 6.8. se puede ver una foto del sistema completo funcionando y comunicando por USB.



**Figura 6.8. Sistema completo en funcionamiento y comunicando con el PC por USB.**

En la pantalla del PC se puede observar el Terminal de la Toolstick que nos ofrece Silicon Laboratories.

En la Figura 6.9. se puede observar el Terminal de la Toolstick recibiendo el valor de la tensión de la batería continuamente hasta que se apaga el modo de calibrado. Se está recibiendo este valor porque previamente se ha enviado el código correspondiente para que el microcontrolador envíe el valor de la tensión de la batería. Este código es: -13\*. Para apagar el modo calibrado es necesario enviar el código -00\*.

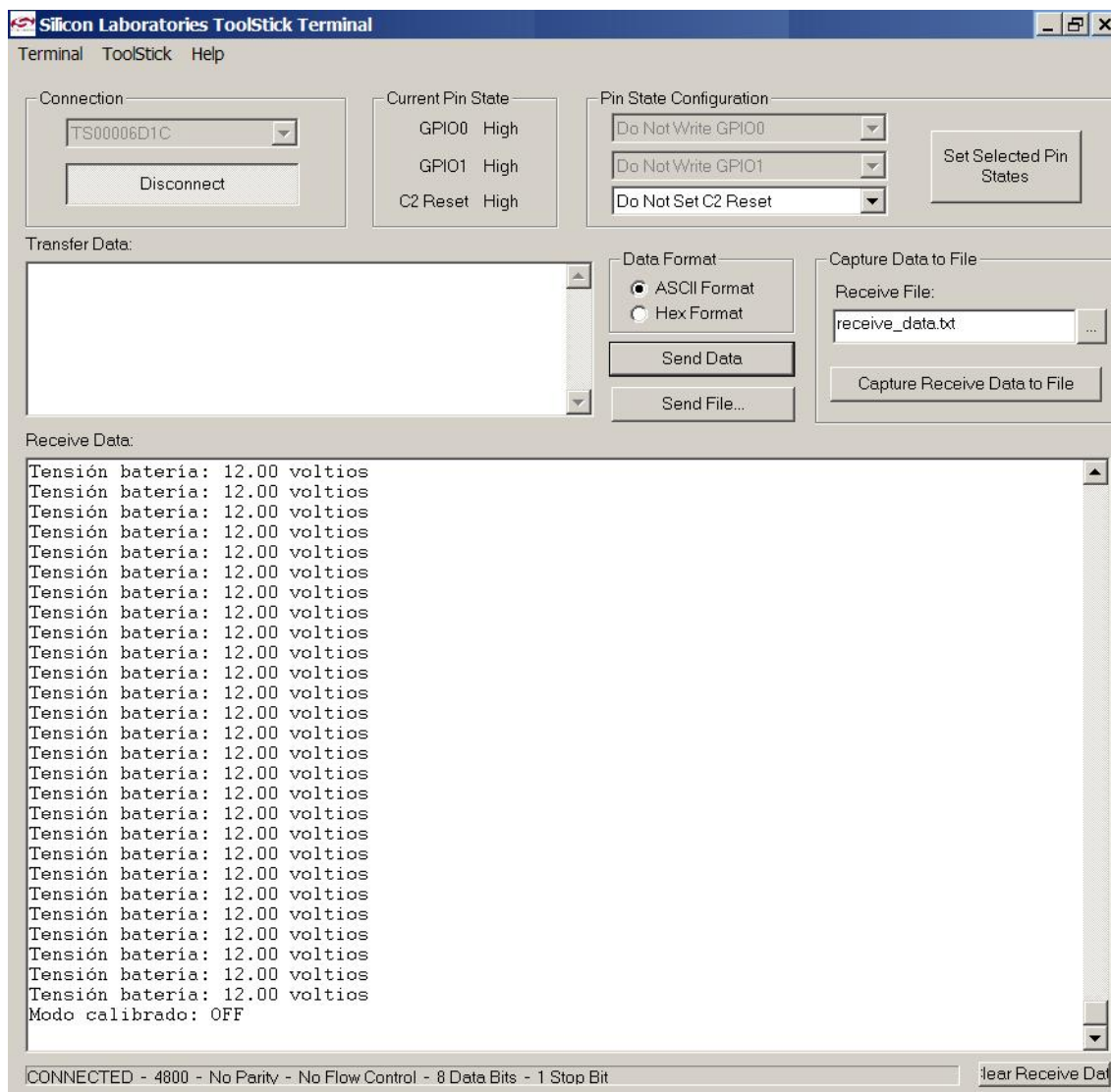


Figura 6.9. Terminal de la Toolstick recibiendo datos.

Al igual que el Terminal recibe el dato de la tensión de la batería, también puede recibir la tensión del panel, la corriente de carga de la batería, la corriente de descarga de la batería, y también estos cuatro valores actualizados cada 10 segundos o cada hora. Según el código enviado se recibe una cosa. Existen dos códigos que lo que hacen es realizar una acción sobre el sistema. Uno activa el shunt una vez y el otro conmuta el relé y le vuelve a dejar como estaba.

También se puede usar para comunicarse el HyperTerminal de Windows. Es necesario crear una conexión indicando las características de la transmisión, como los bits de datos, la paridad, la velocidad en baudios, si hay bit de parada o no... En el caso de esta instalación se configura con 4800 baudios, con 8 bits de datos, 1 bit de parada y sin paridad. En la Figura 6.10. se puede ver una imagen del HyperTerminal comunicando el PC con el microcontrolador.

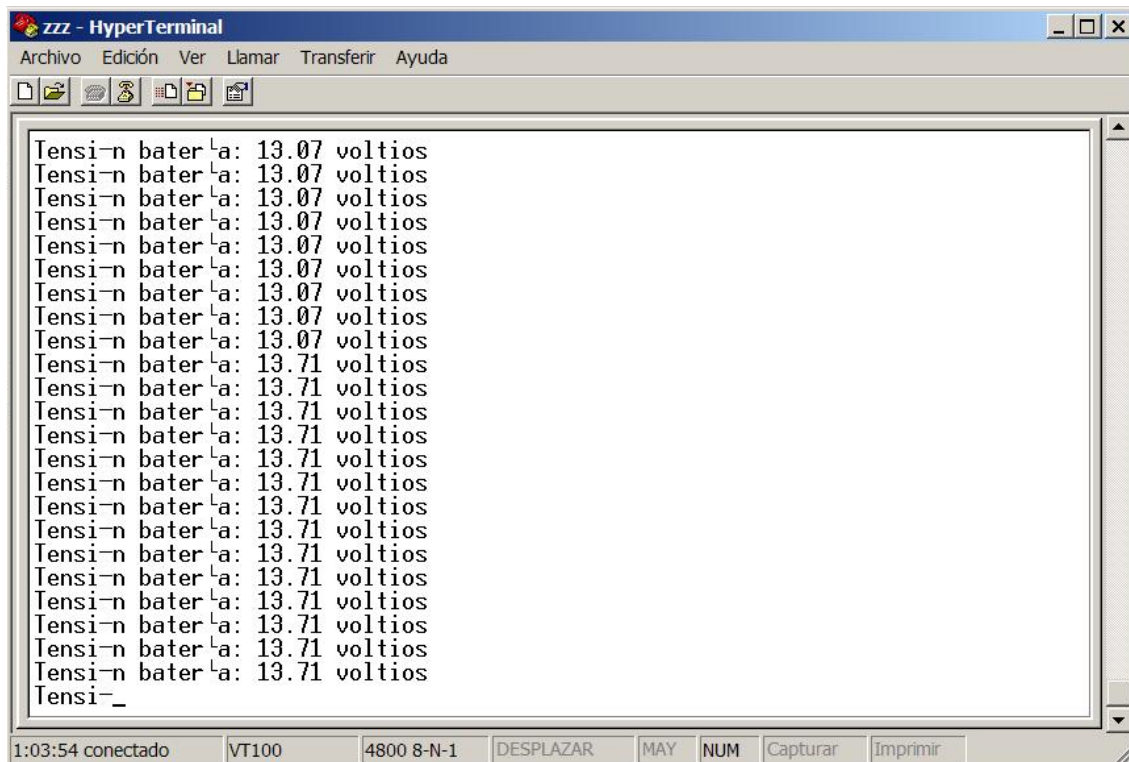


Figura 6.10. HyperTerminal de Windows recibiendo datos.

## 6.5. Software de Visualización

El Software de Visualización consta de una parte para poder visualizar los datos de forma gráfica y otra para poder comunicar el PC con el microcontrolador.

Mediante la parte de comunicación es posible enviar unos códigos que hacen que el microcontrolador envíe el valor de las tensiones del panel y la batería, así como las corrientes de carga y descarga de la batería. Esos datos se pueden teclear en las casillas correspondientes, y al pulsar el botón de recalcular aparecerán los datos visualizados de forma gráfica.

El Software de Visualización es un archivo ejecutable. Cuando se arranca aparece en la pantalla una ventana con las dos partes. Es un entorno gráfico, con un estilo como el de Windows, con cajas de texto donde se puede escribir, y unos botones para indicar lo que se quiere hacer.

En la Figura 6.11. se puede observar una foto del ejecutable funcionando.

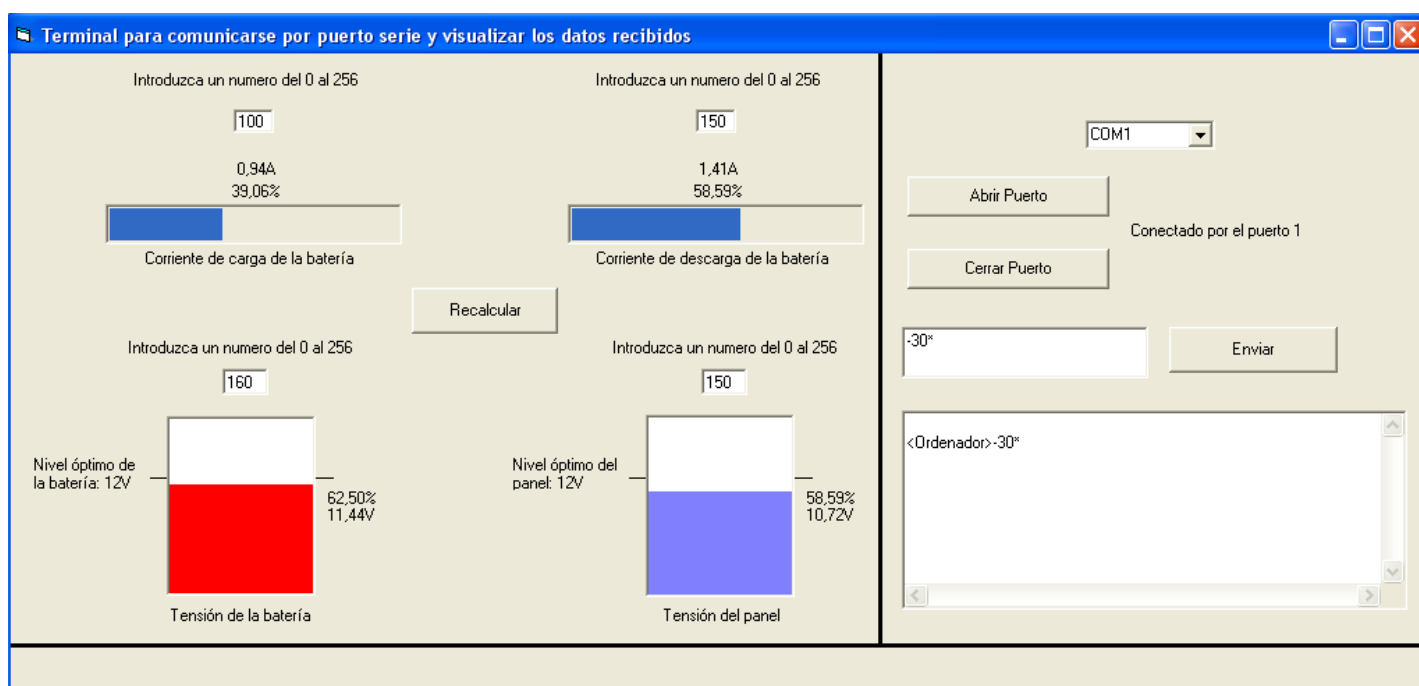


Figura 6.11. Foto del Software de Visualización.

# Capítulo 7

# Conclusiones



## 7. Conclusiones

El sistema ha funcionado perfectamente. Sólo cabría destacar una posible mejor ubicación de los diodos de potencia dentro de la PCB principal, más lejos de la resistencia shunt para que disminuyese el efecto termopar que se sufre por el contacto del estaño con el cobre. Realmente en este sistema no influye determinadamente ya que es un sistema bastante lento.

El sistema diseñado y construido puede funcionar perfectamente para el panel solar disponible para la prueba, en una instalación eléctrica de pequeña magnitud.

Para usar este sistema en una instalación de gran magnitud, es necesario escalar los componentes del control de carga (“shunt”), que son el transistor y la resistencia de potencia. También habría que escalar el ancho de las pistas de las PCB’s, para que aguantara la corriente máxima que dieran los paneles instalados. Por último habría que cambiar el relé, eligiendo uno que soportara la máxima corriente que pudiera consumir la vivienda en cualquier momento.

# Capítulo 8

# **Bibliografía**

## 8. Bibliografía

- 1) **“Manual sobre los sistemas fotovoltaicos”**. Héctor L. Gasquet
- 2) **Asociación “El Paso Solar Energy Association”**.
- 3) **“Generador de señal sintetizado para VHF controlado por microprocesador”**. Manuel Domínguez Valcárcel. Universidad Carlos III de Madrid.
- 4) **“Diseño de un amplificador de audio en clase D”**. Eduardo García Lázaro. Universidad Carlos III de Madrid.
- 5) **“Termostato electrónico basado en microprocesador”**. Carlos Fernández-Portal Díaz del Río. Universidad Carlos III de Madrid.
- 6) **<http://es.wikipedia.org>**
- 7) **<http://inter.andresdiaz.net>**
- 8) **<http://es.rs-online.com/web>**
- 9) **<http://es.farnell.com>**
- 10) **<http://www.alldatasheet.com>**
- 11) **<https://www.silabs.com>**
- 12) **<http://www.energy-spain.com>**
- 13) **<http://www.codeso.com>**
- 14) **<http://www.isofoton.com>**
- 15) **<http://www.epsea.org>**
- 16) **<http://www.solarweb.net>**
- 17) **<http://www.aguidrovert.com>**
- 18) **<http://www.tinet.org>**

- 19) <http://www.erpt.net>
- 20) <http://www.kitsolar.com>
- 21) <http://www.neoteo.com>
- 22) <http://erenovable.com>
- 23) <http://www.portalsolar.com>

# Capítulo 9

# **Presupuesto**

## 9. Presupuesto

### COSTES DE MATERIAL

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN COMPONENTE	UNIDADES	COSTE (€)	COSTE TOTAL (€)
LM 324	Amplificador operacional DIP 14	1	0,43	0,43
MAX232	Adaptador de niveles RS232	1	1,04	1,04
AD620	Amplificador operacional DIP 8	2	6,72	13,44
Conector DB9 Hembra	Para soldar en PCB. 9 vías, hembra.	1	1,278	1,278
TOOLSTICK C8051F330	ADAPTOR KIT, BASE + C8051F330	1	27,44	27,44
IRF 530	Transistor MOSFET de potencia	1	0,92	0,92
BC 547	Transistor Bipolar	1	0,056	0,056
BD 135	Transistor de potencia	1	0,31	0,31
MUR 460	Diodo de potencia	2	1,02	2,04
1N4007	Diodo	2	0,09	0,18
LM7805	Fija 5v a la salida	1	0,53	0,53
Regulador 3,3v LF33CV	Fija 3,3v a la salida	1	1,35	1,35
Zócalo 8 patas	Para insertar los AD620	2	0,1784	0,3568
Zócalo 14 patas	Para insertar el LM324	1	0,3129	0,3129
Zócalo 16 patas	Para insertar el MAX232	1	0,3568	0,3568
Clema	Para conectar cables del panel, batería...	12	0,31	3,72
Resistencias				
	1 (17w)	1	0,8	0,8
	1k	6	0,031	0,186
	2,2k	2	0,031	0,062
	2,7k	3	0,031	0,093
	10k	14	0,031	0,434
	100k	1	0,031	0,031
Condensadores				
	10nF	1	0,208	0,208
	100nF	5	0,208	1,04
	1uF	5	0,08	0,4
	10uF	1	0,08	0,08

	100uF	3	0,08	0,24
Potenciómetros multivuelta				
	1k	2	0,96	1,92
	10k	1	0,96	0,96
	200k	1	0,96	0,96
Interruptor		1	0,26	0,26
Cable	30 metros	1	9,27	9,27
Leds				
	Rojo	1	0,08	0,08
	Verde	1	0,08	0,08
	Amarillo	1	0,08	0,08
	Azul	1	0,08	0,08
Tornillos sujeción PCB's	Para sujetar las PCB's	8	0,1	0,8
Header				
	Conector 8x2 patas	16	0,164	2,624
	Conector 5 patas	5	0,164	0,82
Relé	Tensión de bobina DC 12v. Conmuta AC. 10A.	1	6,36	6,36
Varistor	SIOV-S05K250 B72205-S251-K101	1	0,25	0,25
PCB	Construcción Placa Circuito Impreso	2	300	600
<b>TOTAL</b>				<b>675,2685</b>

### **COSTES DE PERSONAL**

<b>CONCEPTO</b>	<b>Nº HORAS</b>	<b>COSTE/HORA (€)</b>	<b>COSTE TOTAL (€)</b>
Diseño, montaje y prueba del sistema	350	40	14000
Redacción y preparación del documento	90	25	2250
<b>TOTAL</b>			<b>16250</b>

(\*) Se han realizado una serie de suposiciones que se detallan a continuación:

Sueldo medio por hora de un Ingeniero Técnico Industrial: 40€.

Sueldo medio por hora de un Administrativo: 25€.

El número de horas se ha estimado en función de las horas requeridas para la realización de este proyecto, incluyendo reuniones con el profesor, búsqueda de información, diseño del sistema con un PC, construcción y prueba del sistema, diseño de los distintos software...



**RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

CONCEPTO	COSTE TOTAL (€)
Costes de Material	675,2685
Costes de Personal	16250
<b>TOTAL</b>	<b>16925,27</b>

El presupuesto total de este proyecto asciende a:

*DIECISÉIS MIL NOVECIENTOS VEINTICINCO COMA VEINTISIETE EUROS*

Madrid, a 12 de Enero de 2009



Fdo: Rubén Darío Crespo Sánchez  
Ingeniero Técnico Industrial,  
especialidad Electrónica Industrial

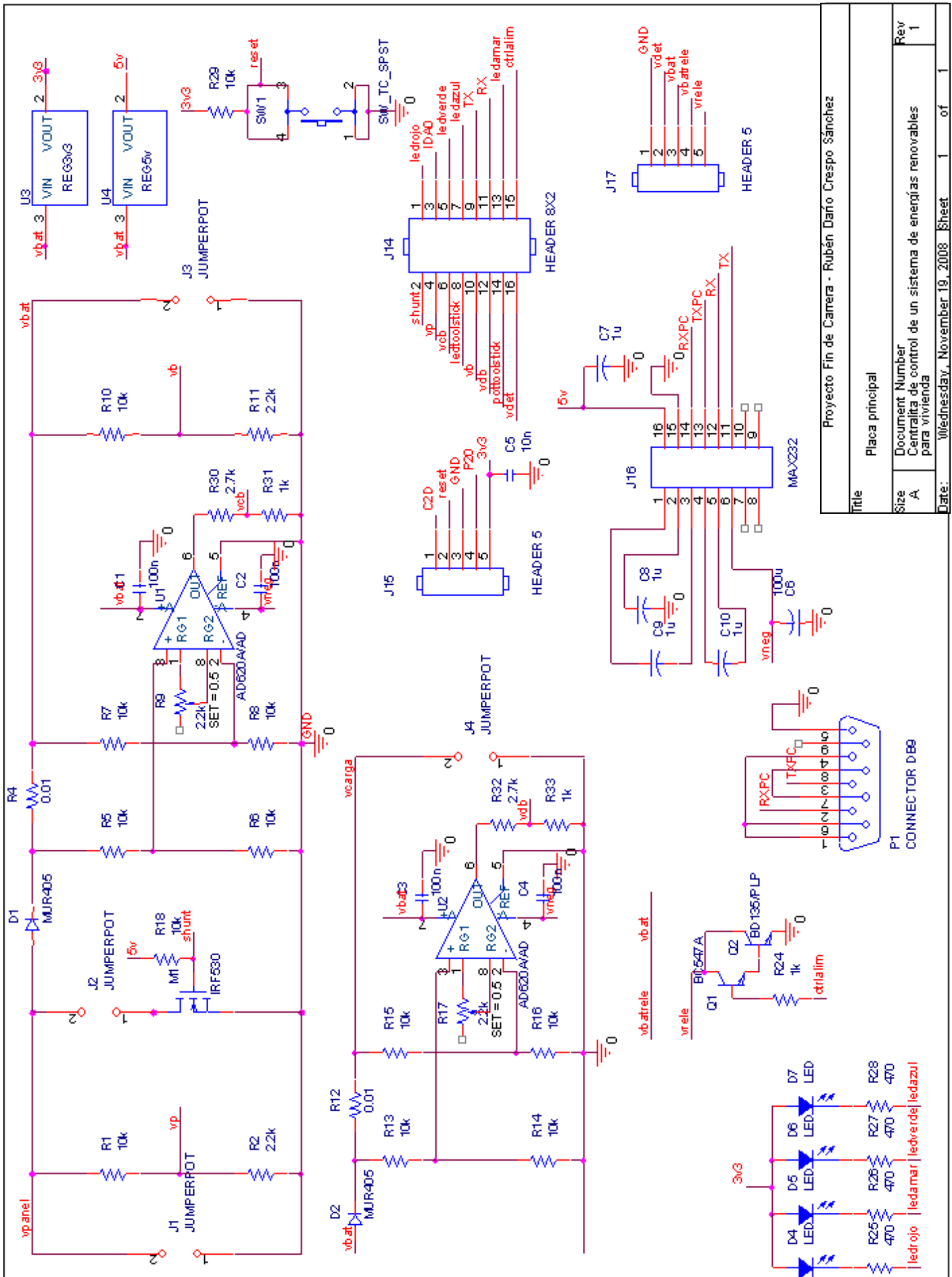
# Capítulo 10

## **Anexos**

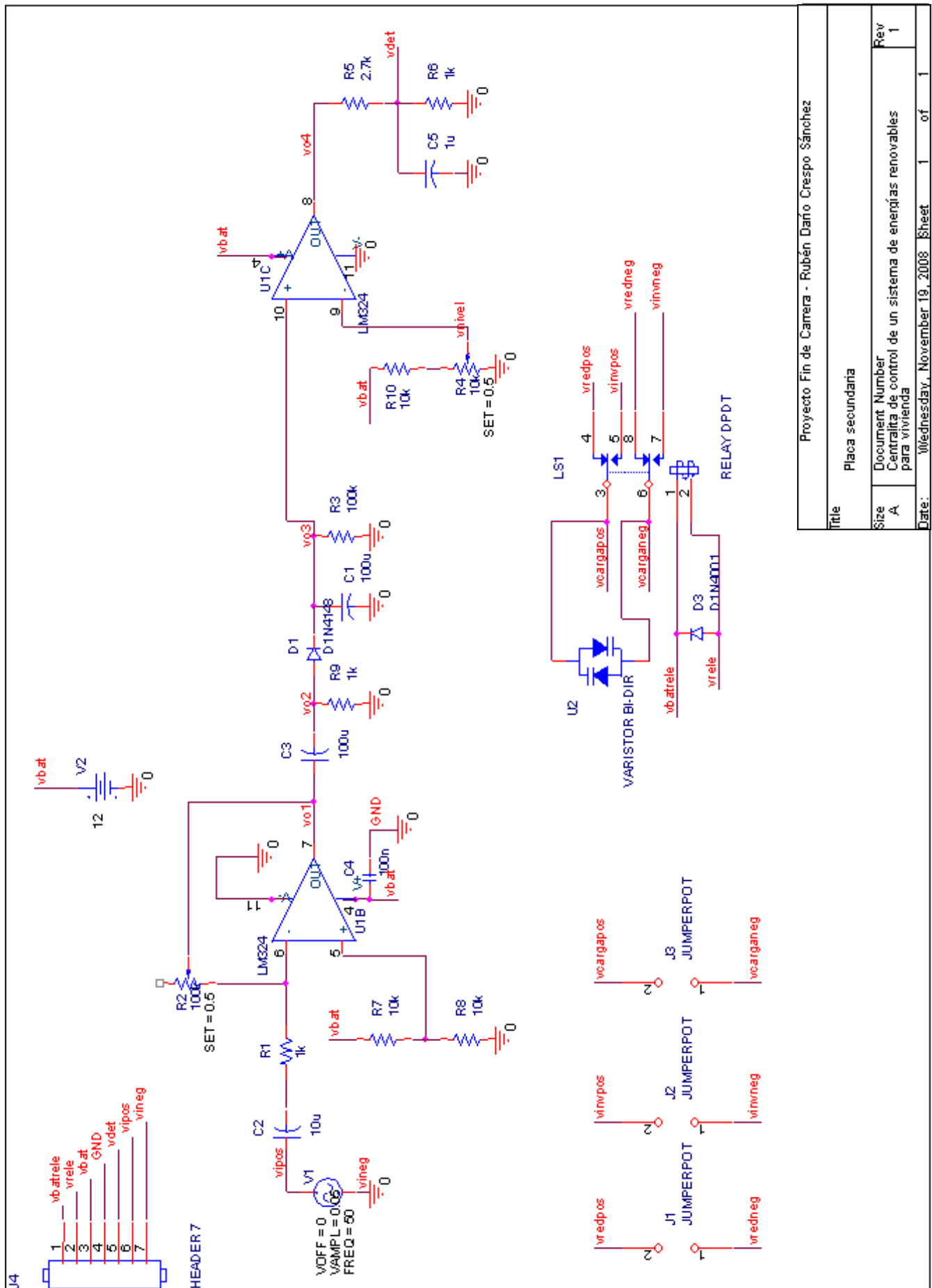
## **10. Anexos**

### **10.1. Esquemas**

En este proyecto existen dos circuitos independientes, que darán lugar a dos placas de circuito impreso diferentes. A continuación se muestran los esquemáticos de los dos circuitos sacados del programa OrCad con la aplicación Capture CIS. Primero se muestra la placa principal y a continuación la placa secundaria. También se muestra la capa Global Layer de las dos PCB's sacadas del programa OrCad con la aplicación Layout.



Proyecto Fin de Carrera - Rubén Darío Crespo Sánchez	
Placa principal	
Size	Document Number
A	Centralita de control de un sistema de energías renovables para vivienda
Date:	Wednesday, November 19, 2008
Sheet	1 of 1
Rev	1



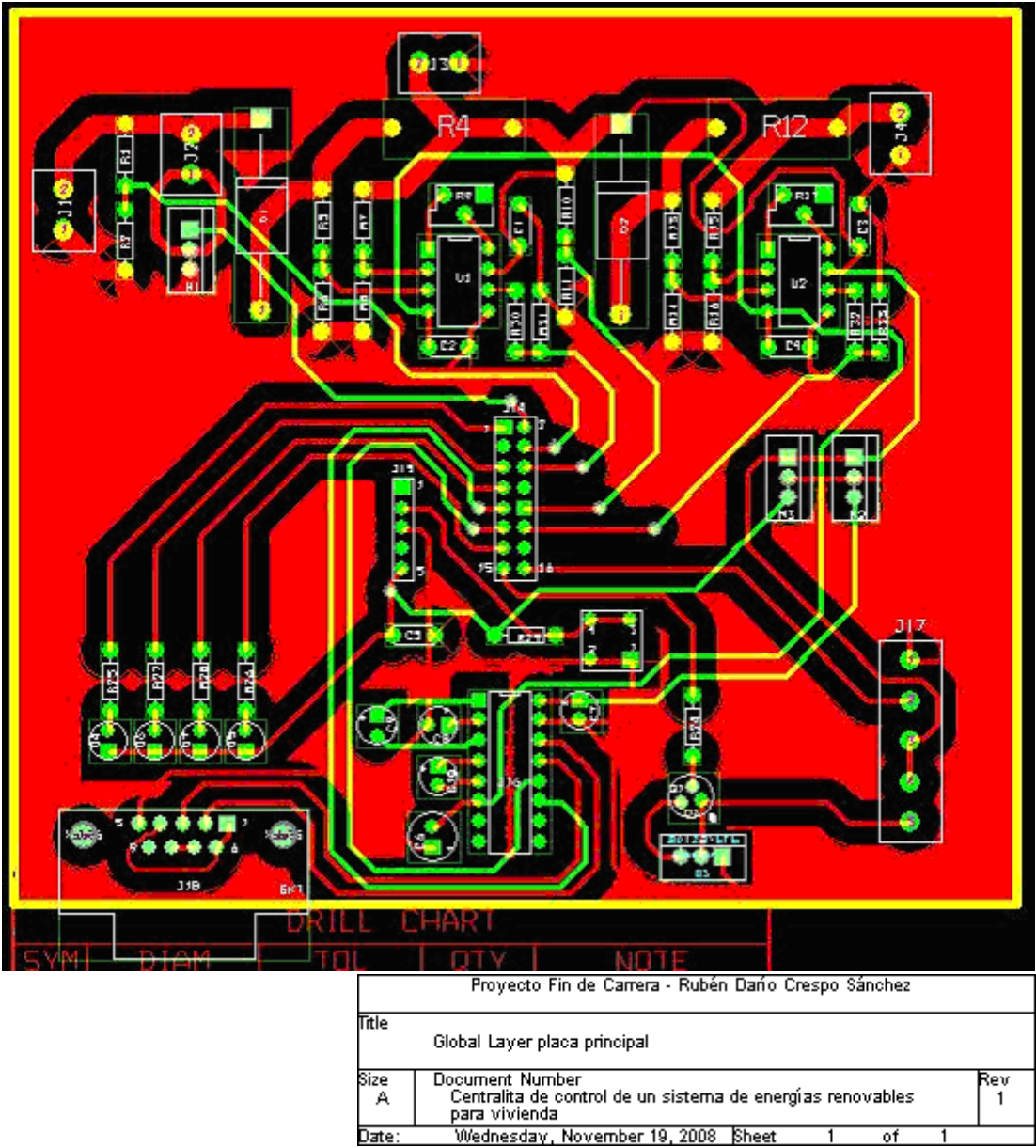
Proyecto Fin de Carrera - Rubén Darío Crespo Sánchez

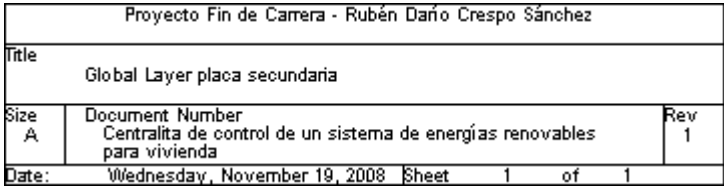
Placa secundaria

Document Number  
Centralita de control de un sistema de energías renovables  
para vivienda

Rev  
1

Date: Wednesday, November 19, 2008 Sheet 1 of 1





## 10.2. Listados Firmware

Hay dos listados, el listado con el programa principal, y el listado con el programa de configuración del microcontrolador. Los dos en Lenguaje C.

### 10.2.1. Listado del programa principal

```
//-----
// CENTRALITA DE CONTROL CON MICROPROCESADOR DE UN SISTEMA
//DE ENERGIAS RENOVABLES
//-----
// Copyright (C) 2008 UC3M.
// RUBEN DARIO CRESPO SANCHEZ
// INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL ESPECIALIDAD ELECTRONICA
//INDUSTRIAL
// PROYECTO FIN DE CARRERA
//
// AUTH: LH, MG
// DATE: 18 DIC 2008
//
// Este programa contiene las cabeceras del programa principal,
// la configuracion y las rutinas de interrupcion del 8051F330
//
// Target: C8051F330/1/2/3/4/5
//
// Tool chain: KEIL Eval 'c'
//

//-----
// Includes
//-----

#include "C8051F330.h"
#include <stdio.h>
```



```
#include <stdlib.h>
```

```
bit flag=0, avisoshunt, aux, shuntmanual;
```

```
unsigned char vbalta=154, vbshunt=193, vbbaja=140, c3=0, c2=0, c1=0, c0=0, sw;  
//variables sin signo tipo byte (8 bits)
```

```
unsigned char contcanal=0, cont, cont2, contmedia=0, cont_rele=0; //contadores sin  
//signo tipo byte o char
```

```
unsigned char bdata valor, valorreal;
```

```
unsigned int b, j, i=0, k, horas, z=0; //variables sin signo tipo enteras (16 bits)
```

```
unsigned int seg=0, a, vp, vpt, vcb, vcbt, vb, vbt, vdb, vdbt, contintad=0;
```

```
unsigned int xdata array[256][4]; //array de 256x4 datos en memoria externa
```

```
unsigned long xdata c, vpt2=0, vcbt2=0, vbt2=0, vdbt2=0;
```

```
float xdata vpreal, vcbreal, vbreal, vdbreal; //variables de 32 bits
```

```
sbit LED = P1^3;
```

```
sbit shunt = P1^0;
```

```
sbit vdet = P1^7;
```

```
sbit ledrojo = P0^0;
```

```
sbit ledverde = P0^2;
```

```
sbit ledazul = P0^3;
```

```
sbit ledamar = P0^6;
```

```
sbit ctrlalim = P0^7;
```

```
sbit valor_0 = valor^0;
```

```
sbit valor_1 = valor^1;
```

```
sbit valorreal_0 = valorreal^0;
```

```
sbit valorreal_1 = valorreal^1;
```

```
void Init_Device(void);
```

```
//-----
```

```
// MAIN Routine
```

```
//-----
```

```

void main (void)
{
Init_Device();
TI0=1;
PCA0MD &= ~0x40;

// CODIGO DEL PROGRAMA PRINCIPAL. ES UN BUCLE SIN FIN.

while (1)
{
    valor_0=avisoshunt;
    valor_1=ctrlalim;
    if(cont_rele>=100)
    {
        ctrlalim=1; //Paso al Modo Normal (Activo relé)
        cont_rele=100;
    }
    if(cont_rele<=10)
    {
        ctrlalim=0; //Paso al Modo Mínimo (Desactivo relé)
        cont_rele=10;
    }
    if(vb<vbbaja) //si bateria baja enciendo led rojo
    {
        ledrojo=0;
    }
    if(vb>vbbaja) //si bateria alta apago led rojo
    {
        ledrojo=1;
    }
    if(vcb>vdb) //si bateria cargando enciendo led verde
    {
        ledverde=0;
    }
}

```

```

        ledazul=1;
    }
    if(vdb>vcb) //si bateria descargando enciendo led azul
    {
        ledverde=1;
        ledazul=0;
    }
    if(vcb==vdb) // si bateria ni cargando ni descargando no enciendo ni led azul ni
        //led verde
    {
        ledverde=1;
        ledazul=1;
    }

    if(flag==1) //sumo variables de trabajo para luego hacer la media porque el A/D
        //ha leído todos los canales en 1 seg.
    {
        vpt2=vpt+vpt2;
        vcbt2=vcbt+vcbt2;
        vbt2=vbt+vbt2;
        vdbt2=vdbt+vdbt2;
        contmedia++;
        seg++;

        if(contmedia==10) //si se han leído los canales del A/D 10 veces, han
            //pasado 10 seg. almaceno en variables reales la media
        {
            vp=vpt2/contmedia; //divido por contmedia, que sera un 10
            vcb=vcbt2/contmedia;
            vb=vbt2/contmedia;
            vdb=vdbt2/contmedia;
            contmedia=0;
            vpt2=0;
            vcbt2=0;
            vbt2=0;

```

```

vdbt2=0;

if(seg==3600) //si ha pasado 1 hora (3600 segundos) almaceno
en           //array de memoria externa
{

for(j=0;j<5;j++)
{
    if(j==0)
        array[i][j]=vp;
    if(j==1)
        array[i][j]=vcb;
    if(j==2)
        array[i][j]=vb;
    if(j==3)
        array[i][j]=vdb;
    if(j==4)
        array[i][j]=valor;
}
i++;
horas++;
k=i-1; //para poder leer justo la posicion del array que es
if(i==256) //si i==final memoria externa empiezo a escribir datos
           //encima de los mas antiguos
{
    i=0;
    b=1; //variable para que se sepa que el array se ha escrito
        //por lo menos una vez entero
}
seg=0;
}

}
flag=0;
contcanal=0;
}

```

```

if(z==11) //envio continuadamente un dato
{
    vpreal=vpt/14.00;
    printf("Tensión panel: %.2f voltios\n", vpreal);
}
if(z==12) //envio continuadamente un dato
{
    vcbreal=vcbt/104.5;
    printf("Corriente carga bateria: %.2f amperios\n", vcbreal);
}
if(z==13) //envio continuadamente un dato
{
    vbreal=vbt/14.00;
    printf("Tensión batería: %.2f voltios\n", vbreal);
}
if(z==14) //envio continuadamente un dato
{
    vdbreal=vdbt/104.5;
    printf("Corriente descarga bateria: %.2f amperios\n", vdbreal);
}

if(RI0==1) //entra en el if si se ha recibido algo por la UART
{
    c3=c2;
    c2=c1;
    c1=c0;
    c0=SBUF0; //almacena en las variables el contenido del registro en el que
               //llegan los datos
    if((c3=='-')&&(c0=='*'))
    {
        sw=(c2-'0')*10+(c1-'0'); //para tener un numero de 2 digitos en el switch
        switch(sw)
        {
            case 10: //imprimo datos de la memoria externa actualizados cada hora

```

```

        if((i==0)&&(b==0))
        {
            printf("Todavía no ha pasado una hora, no se han cargado valores
            en la memoria externa\n");
        }
    else
    {
        vpreal=array[k][0]/14.00;
        vcbreal=array[k][1]/104.5;
        vbreal=array[k][2]/14.00;
        vdbreal=array[k][3]/104.5;
        valorreal=array[k][4];
        printf("Datos actualizados cada hora. Han pasado %d horas.\n",
        horas);
        printf("Tensión panel: %.2f voltios\n", vpreal);
        printf("Corriente carga batería: %.2f amperios\n", vcbreal);
        printf("Tensión batería: %.2f voltios\n", vbreal);
        printf("Corriente descarga batería: %.2f amperios\n", vdbreal);
        if(valorreal_0)
            printf("Shunt activado\n");
        else
            printf("Shunt desactivado\n");
        if(valorreal_1)
            printf("Control alimentación activado\n");
        else
            printf("Control alimentación desactivado\n");
    }
break;
case 20: //imprimo datos actualizados cada 10 segundos
    vpreal=vp/14.00;
    vcbreal=vcb/104.5;
    vbreal=vb/14.00;
    vdbreal=vdb/104.5;
    printf("Datos actualizados cada 10 segundos.\n");
    printf("Tensión panel: %.2f voltios\n", vpreal);

```

```

    printf("Corriente carga bateria: %.2f amperios\n", vcbreal);
    printf("Tensión batería: %.2f voltios\n", vbreal);
    printf("Corriente descarga bateria: %.2f amperios\n", vdbreal);
    if(valor_0)
        printf("Shunt activado\n");
    else
        printf("Shunt desactivado\n");
    if(valor_1)
        printf("Control alimentación activado\n");
    else
        printf("Control alimentación desactivado\n");
break;
case 30: //activo shunt 1 vez
    printf("Activo shunt una vez\n");
    shuntmanual=1;
break;
case 40: //conmuta rele y lo vuelvo a dejar como estaba
    printf("Conmuta rele y lo vuelvo a dejar como estaba\n");
    ctrlalim=!ctrlalim;
    while(c<10000) //bucle para mantener un tiempo el rele en otra posicion
    {
        c++;
    }
    ctrlalim=!ctrlalim;
    c=0;
break;
case 11: //imprimo continuamente valor vp
    z=11;
    printf("Modo calibrado: ON\n");
break;
case 12: //imprimo continuamente valor vcb
    z=12;
    printf("Modo calibrado: ON\n");
break;

```

```

        case 13: //imprimo continuadamente valor vb
            z=13;
            printf("Modo calibrado: ON\n");
        break;
        case 14: //imprimo continuadamente valor vdb
            z=14;
            printf("Modo calibrado: ON\n");
        break;
        case 00: //dejo de imprimir valor de cualquier dato continuadamente
            z=0;
            printf("Modo calibrado: OFF\n");
        break;
        default:
            printf("Codigo no valido\n");
    }
}

RI0=0; //pongo variable de que se ha recibido algo por la UART a "0" por
//software
}
}
}

// FIN DEL PROGRAMA PRINCIPAL

// RUTINA DE INTERRUPCION DEL ADC. SE DISPARA AUTOMATICAMENTE
//7812 VECES POR SEGUNDO
void ADC0_ISR (void) interrupt 10
{
    contintad++;
    if(contintad==1994) //si ha pasado un cuarto de segundo realizo una lectura del
                        //puerto correspondiente
    {
        a = ADC0H * 255 + ADC0L;
        a=a/256; //paso el valor a un numero de 0 a 255
    }
}

```



```

        if(contcanal==0)
        {
            vpt=a;
            AMX0P=0x0A;
            contintad=0;
        }
        if(contcanal==1)
        {
            vcbt=a;
            AMX0P=0x0C;
            contintad=0;
        }
        if(contcanal==2)
        {
            vbt=a;
            AMX0P=0x0D;
            contintad=0;
        }
        if(contcanal==3)
        {
            vdbt=a;
            AMX0P=0x09;
            contintad=0;
            flag=1; //para indicar que se han leído todos los canales (ha
                    //pasado 1 segundo)
        }
        contcanal++;
    }

    AD0INT=0;
}

```

// RUTINA DE INTERRUPCION DEL TIMER 0.

void Timer0\_ISR (void) interrupt 1

```
{
    if((vb>vbshunt)||(shuntmanual==1)) //activa la rutina del shunt si la tension de
                                        //la bateria es muy alta o si se recibe el
                                        //comando por la UART

    {
        avisoshunt=1;
        if(aux==1) //si no está contando ningún contador pone a 1 el shunt
                    //directamente porque es la primera vez que entra
        {
            LED=0;
            shunt=1;
            ledamar=0;
            aux=0;
        }
        if(shunt==1) //si shunt encendido cuento hasta 2 segundos
        {
            if(cont==100) //si lleva 2 segundos encendido, apago shunt
                            //(0=apagado) y LED (1=apagado)
            {
                cont=0;
                LED=1;
                shunt=0;
                ledamar=1;
            }
            else
            {
                cont++;
            }
        }
        else
        {
            if(cont2==25) //si lleva 0,5 segundos apagado, enciendo shunt
                            //(1=encendido) y LED (0=encendido)
            {
```

```

        cont2=0;
        LED=0;
        shunt=1;
        ledamar=0;
    }
    else
    {
        cont2++;
    }
    shuntmanual=0;
}
}
else // si la tension de la bateria no es muy alta no se activa la rutina del shunt
{
    LED=1;
    shunt=0;
    ledamar=1;
    aux=1;
    avisoshunt=0;
}
if((vdet==0)&&(vb>vbalta)) //incremento contador si la vivienda demanda poca
                           //corriente y la bateria esta suficientemente alta
{
    cont_rele++;
}
if((vdet==1)|| (vb<vbbaja)) //decremento contador si la vivienda demanda mucha
                           //corriente o la bateria esta baja
{
    cont_rele--;
}
TL0    = 0x25; //recargo por software los registros del Timer 0
TH0    = 0x5B; //para que cada vez cuente lo mismo.
}

```

## 10.2.2. Listado del programa de configuración del microcontrolador

```

////////////////////////////////////
// Generated Initialization File //
////////////////////////////////////

#include "C8051F330.h"

// Peripheral specific initialization functions,
// Called from the Init_Device() function

void Reset_Sources_Init()
{
    RSTSRC  = 0x04;
}

void Timer_Init()
{
    TCON    = 0x55;
    TMOD    = 0x21;
    TL0     = 0x25;
    TH0     = 0x5B;
    TH1     = 0x2B;
    TMR2CN  = 0x0C;
}

void UART_Init()
{
    SCON0   = 0x10;
}

void ADC_Init()
{
    AMX0P   = 0x09;
}

```

```

    AMX0N    = 0x11;
    ADC0CF    = 0xFC;
    ADC0CN    = 0x82;
}

void Voltage_Reference_Init()
{
    REF0CN    = 0x0E;
}

void Port_IO_Init()
{
    // P0.0 - Skipped,  Push-Pull, Digital
    // P0.1 - Unassigned, Open-Drain, Digital
    // P0.2 - Skipped,  Push-Pull, Digital
    // P0.3 - Skipped,  Push-Pull, Digital
    // P0.4 - TX0 (UART0), Push-Pull, Digital
    // P0.5 - RX0 (UART0), Open-Drain, Digital
    // P0.6 - Skipped,  Push-Pull, Digital
    // P0.7 - Skipped,  Push-Pull, Digital

    // P1.0 - Skipped,  Open-Drain, Digital
    // P1.1 - Skipped,  Open-Drain, Analog
    // P1.2 - Skipped,  Open-Drain, Analog
    // P1.3 - Skipped,  Push-Pull, Digital
    // P1.4 - Skipped,  Open-Drain, Analog
    // P1.5 - Skipped,  Open-Drain, Analog
    // P1.6 - Skipped,  Open-Drain, Analog
    // P1.7 - Skipped,  Open-Drain, Digital

    P1MDIN    = 0x89;
    P0MDOUT    = 0xDD;
    P1MDOUT    = 0x08;
    P0SKIP     = 0xCD;
}

```

```

        P1SKIP   = 0xFF;
        XBR0     = 0x01;
        XBR1     = 0x40;
    }

void Oscillator_Init()
{
    OSCICN      = 0x83;
}

void Interrupts_Init()
{
    IE          = 0x82;
    EIE1        = 0x08;
    EIP1        = 0x08;
}

// Initialization function for device,
// Call Init_Device() from your main program

void Init_Device(void)
{
    Reset_Sources_Init();
    Timer_Init();
    UART_Init();
    ADC_Init();
    Voltage_Reference_Init();
    Port_IO_Init();
    Oscillator_Init();
    Interrupts_Init();
}

```

### 10.3. Listados Software de Visualización

' Declaración variables

Option Explicit

Dim Cadena As String

' Función del botón Recalcular

Private Sub Command2\_Click()

Dim y, z As Double

Dim x As Long

' Mostramos los text (sus value) en los Label

y = Text1(0)

z = Text1(1)

Label3(0) = FormatNumber((y / 2.56), 2) & "% "

Label2(0) = FormatNumber((y / 106.67), 2) & "A "

Label3(1) = FormatNumber((z / 2.56), 2) & "% "

Label2(1) = FormatNumber((z / 106.67), 2) & "A "

' Asignamos en la propiedad Value del control ProgressBar

' el valor de text1

ProgressBar2.Value = y

ProgressBar1.Value = z

Dim h, j As Double

h = Text1(2)

j = Text2

lblFluido.Top = h

lblFluido2.Top = j

Label3(2) = FormatNumber((h / 2.56), 2) & "% "

Label4(2) = FormatNumber((h / 13.99), 2) & "V "

Label9 = FormatNumber((j / 2.56), 2) & "% "

Label8 = FormatNumber((j / 13.99), 2) & "V "

End Sub

' Parte del programa principal

Private Sub Form\_Load()

Label2(0) = ""

Label3(0) = ""

Text1(0) = "0"

Label2(1) = ""

Label3(1) = ""

Text1(1) = "0"

Le asignamos las propiedades para el mínimo, máximo valor del Progress bar

With ProgressBar2

.Max = 256

.Min = 0

End With

With ProgressBar1

.Max = 256

.Min = 0

End With

Text1(2) = "0"

Label3(2) = ""

Label4(2) = ""

Text2 = "0"

Label8 = ""

Label9 = ""

pctBox.Scale (0, 256)-(256, 0)

pctbox2.Scale (0, 256)-(256, 0)

lblFluido.Height = 300

lblFluido2.Height = 300

Me.Caption = "Terminal para comunicarse por puerto serie y visualizar los datos recibidos" ' Titulo de la ventana

Label1(3) = "Desconectado"

TextoEnviar = ""

Texto = ""

Combo1.AddItem "COM1"



```

Combo1.AddItem "COM2"
Combo1.AddItem "COM3"
Combo1.AddItem "COM4"
Combo1.ListIndex = 0
End Sub

```

' Función del botón AbrirPuerto

```

Private Sub AbrirPuerto_Click()
    'comprueba que el puerto este cerrado para poder abrirlo
    If MSComm1.PortOpen = False Then
        'determina el puerto que hemos seleccionado
        If Combo1.ListIndex = 0 Then
            MSComm1.CommPort = 1
        End If
        If Combo1.ListIndex = 1 Then
            MSComm1.CommPort = 2
        End If
        If Combo1.ListIndex = 2 Then
            MSComm1.CommPort = 3
        End If
        If Combo1.ListIndex = 3 Then
            MSComm1.CommPort = 4
        End If
        'determina: 4800-Velocidad en Baudios, N-No utiliza ninguna paridad,
        '8-Cantidad de bits de envio y recepcion por paquete,
        '1-Determina los bits de parada
        MSComm1.Settings = "4800,N,8,1"
        'lee todo el buffer de entrada para que quede vacio
        MSComm1.InputLen = 0
        'Abre el puerto seleccionado
        MSComm1.PortOpen = True
        Label1(3) = "Conectado por el puerto " & MSComm1.CommPort
    End If

```

End Sub

' Función del botón CerrarPuerto

Private Sub CerrarPuerto\_Click()

If MSComm1.PortOpen Then

'cierra el puerto

MSComm1.PortOpen = False

Label1(3) = "Desconectado"

End If

End Sub

' Función del botón Enviar

Private Sub Enviar\_Click()

'envia el texto escrito.

MSComm1.Output = TextoEnviar.Text & vbCr

'coloca el texto que enviamos en la pantalla

Texto.Text = Texto.Text & vbCrLf & "<Ordenador>" & TextoEnviar.Text

TextoEnviar.SetFocus

End Sub

' Cuando se cierra de la "X" de la ventana se cierra el puerto por si estuviese  
' abierto

Private Sub Form\_Unload(Cancel As Integer)

CerrarPuerto\_Click

End Sub

'El evento OnComm se genera siempre que cambia el valor de la propiedad

'CommEvent e indica que se ha producido un evento o un error en la comunicación.

Private Sub MSComm1\_OnComm()

Dim i As Integer

Dim Valor As String

'recoge el valor de entrada

Valor = MSComm1.Input

```
'busca la posicion del caracter de salto de linea
i = InStr(Valor, Chr(13))

'si no hay ningun salto de linea, quiere decir que la informacion que recibe
'es parte de una cadena recibida con anterioridad.
If i = 0 Then
    Cadena = Cadena & Valor
Else
    Cadena = Cadena & Left(Valor, i - 1)
    Texto.Text = Texto.Text & vbCrLf & "<Dispositivo conectado>" &
Cadena
    Texto.SelStart = Len(Texto.Text)
    Cadena = ""
End If
End Sub
```

## 10.4. Hojas de características



### C8051F330/1/2/3/4/5

#### Mixed Signal ISP Flash MCU Family

##### Analog Peripherals

- **10-Bit ADC** ('F330/2/4 only)
  - Up to 200 ksp/s
  - Up to 16 external single-ended or differential inputs
  - VREF from internal VREF, external pin or  $V_{DD}$
  - Internal or external start of conversion source
  - Built-in temperature sensor
- **10-Bit Current Output DAC** ('F330 only)
- **Comparator**
  - Programmable hysteresis and response time
  - Configurable as interrupt or reset source
  - Low current (0.4  $\mu$ A)

##### On-Chip Debug

- On-chip debug circuitry facilitates full speed, non-intrusive in-system debug (no emulator required)
- Provides breakpoints, single stepping, inspect/modify memory and registers
- Superior performance to emulation systems using ICE-chips, target pods, and sockets
- Low cost, complete development kit

##### Supply Voltage 2.7 to 3.6 V

- Typical operating current: 6.4 mA at 25 MHz;  
9  $\mu$ A at 32 kHz
- Typical stop mode current: 0.1  $\mu$ A

Temperature Range: -40 to +85 °C

##### High Speed 8051 $\mu$ C Core

- Pipelined instruction architecture; executes 70% of instructions in 1 or 2 system clocks
- Up to 25 MIPS throughput with 25 MHz clock
- Expanded interrupt handler

##### Memory

- 768 bytes internal data RAM (256 + 512)
- 8 kB ('F330/1), 4 kB ('F332/3), or 2 kB ('F334/5) Flash; In-system programmable in 512-byte Sectors—512 bytes are reserved in the 8 kB devices

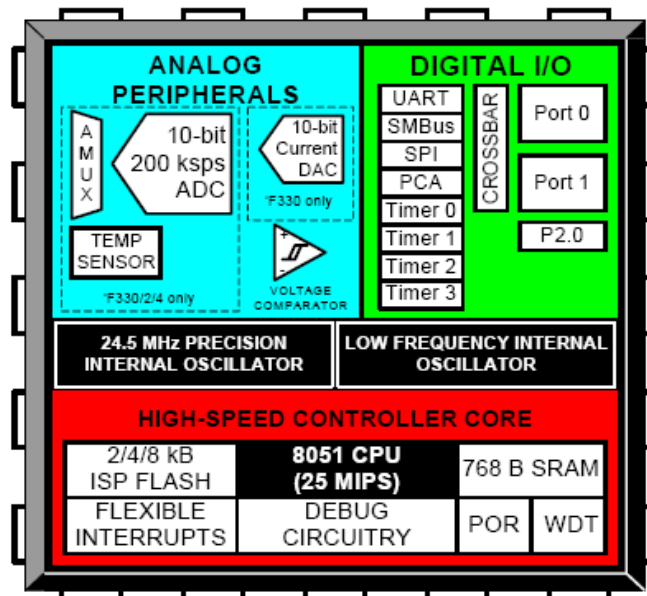
##### Digital Peripherals

- 17 Port I/O; All 5 V tolerant with high sink current
- Hardware enhanced UART, SMBus™, and enhanced SPI™ serial ports
- Four general purpose 16-bit counter/timers
- 16-Bit programmable counter array (PCA) with three capture/compare modules
- Real time clock mode using PCA or timer and external clock source

##### Clock Sources

- Two internal oscillators:
  - 24.5 MHz with  $\pm 2\%$  accuracy supports crystal-less UART operation
  - 80/40/20/10 kHz low frequency, low power
- External oscillator: Crystal, RC, C, or clock (1 or 2 pin modes)
- Can switch between clock sources on-the-fly; useful in power saving modes

20-Pin QFN or 20-pin PDIP



Rev. 1.5 1/06

Copyright © 2006 by Silicon Laboratories

C8051F33x

This information applies to a product under development. Its characteristics and specifications are subject to change without notice.

## C8051F330/1/2/3/4/5

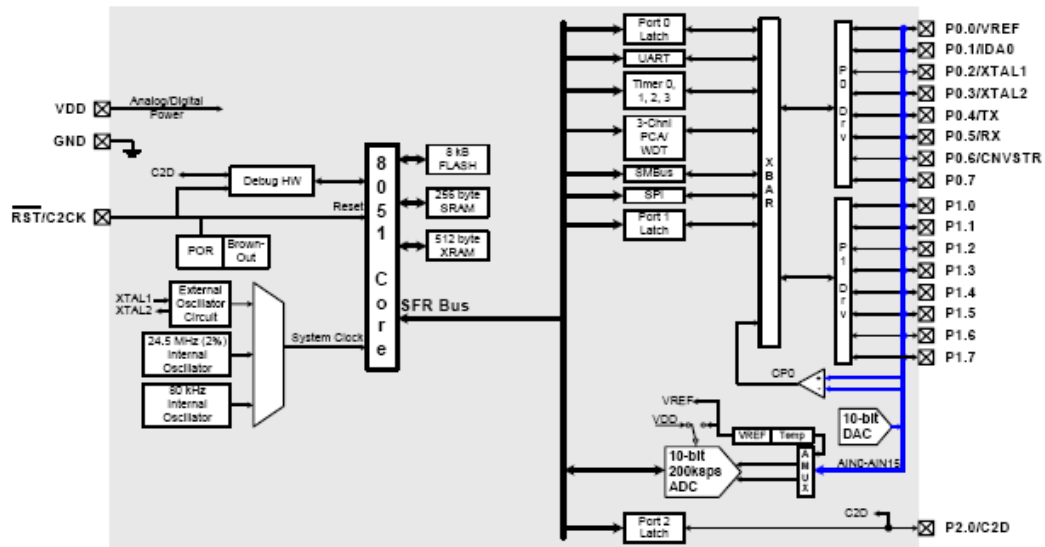


Figure 1.1. C8051F330 Block Diagram



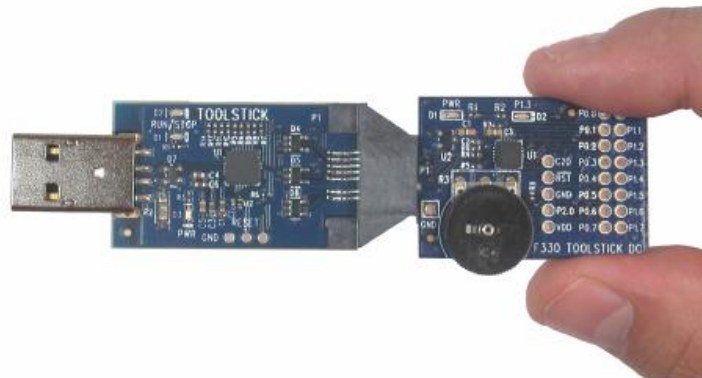
# ToolStick-F330DC

## TOOLSTICK C8051F330 DAUGHTER CARD USER'S GUIDE

### 1. Handling Recommendations

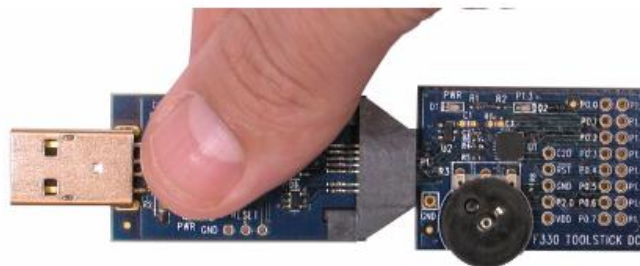
To enable development, the ToolStick Base Adapter and daughter cards are distributed without any protective plastics. To prevent damage to the devices and/or the host PC, please take into consideration the following recommendations when using the ToolStick:

- Never connect or disconnect a daughter card to or from the ToolStick Base Adapter while the Base Adapter is connected to a PC.
- Always connect and disconnect the ToolStick Base Adapter from the PC by holding the edges of the boards.



**Figure 1. Proper Method of Holding the ToolStick**

- Avoid directly touching any of the other components.



**Figure 2. Improper Method of Holding the ToolStick**

- Manipulate mechanical devices on the daughter cards, such as potentiometers, with care to prevent the Base Adapter or daughter card from accidentally dislodging from their sockets.



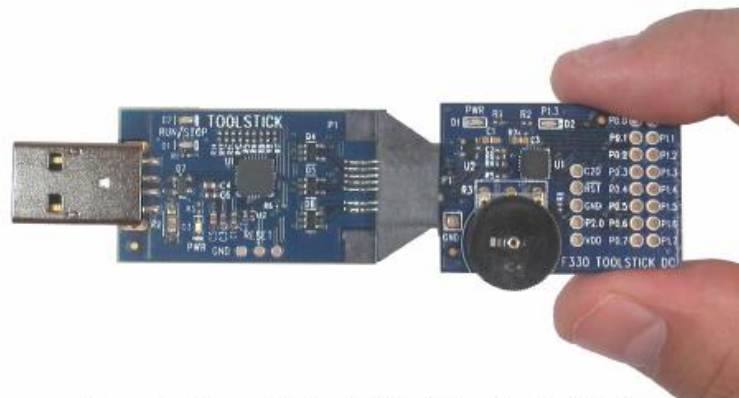
# ToolStick-F330DC

## TOOLSTICK C8051F330 DAUGHTER CARD USER'S GUIDE

### 1. Handling Recommendations

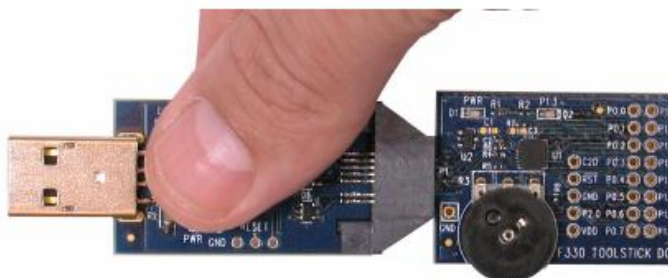
To enable development, the ToolStick Base Adapter and daughter cards are distributed without any protective plastics. To prevent damage to the devices and/or the host PC, please take into consideration the following recommendations when using the ToolStick:

- Never connect or disconnect a daughter card to or from the ToolStick Base Adapter while the Base Adapter is connected to a PC.
- Always connect and disconnect the ToolStick Base Adapter from the PC by holding the edges of the boards.



**Figure 1. Proper Method of Holding the ToolStick**

- Avoid directly touching any of the other components.

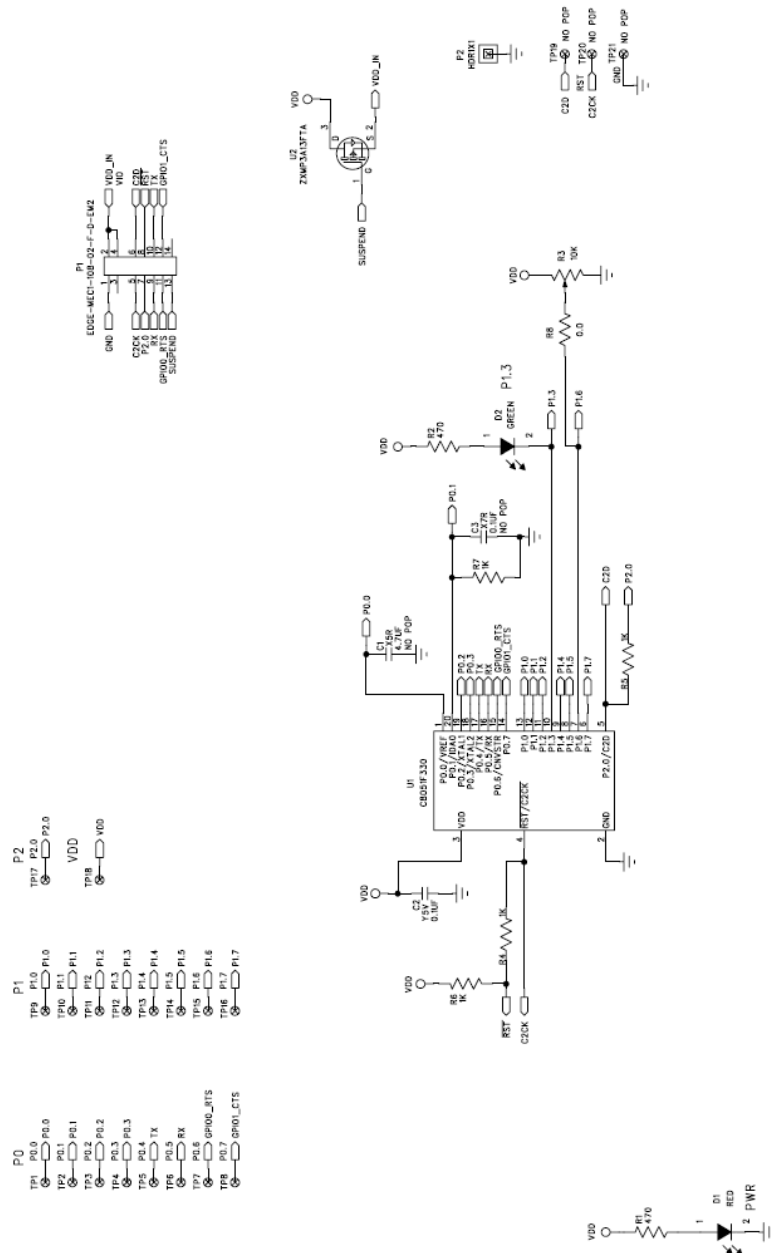


**Figure 2. Improper Method of Holding the ToolStick**

- Manipulate mechanical devices on the daughter cards, such as potentiometers, with care to prevent the Base Adapter or daughter card from accidentally dislodging from their sockets.

## ToolStick-F330DC

## 11. C8051F330 Daughter Card Schematic







## Low Cost, Low Power Instrumentation Amplifier

### AD620

#### FEATURES

##### EASY TO USE

Gain Set with One External Resistor  
(Gain Range 1 to 1000)

Wide Power Supply Range ( $\pm 2.3$  V to  $\pm 18$  V)  
Higher Performance than Three Op Amp IA Designs  
Available in 8-Lead DIP and SOIC Packaging  
Low Power, 1.3 mA max Supply Current

##### EXCELLENT DC PERFORMANCE ("B GRADE")

50  $\mu$ V max, Input Offset Voltage  
0.6  $\mu$ V/ $^{\circ}$ C max, Input Offset Drift  
1.0 nA max, Input Bias Current  
100 dB min Common-Mode Rejection Ratio ( $G = 10$ )

##### LOW NOISE

9 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ , @ 1 kHz, Input Voltage Noise  
0.28  $\mu$ V p-p Noise (0.1 Hz to 10 Hz)

##### EXCELLENT AC SPECIFICATIONS

120 kHz Bandwidth ( $G = 100$ )  
15  $\mu$ s Settling Time to 0.01%

##### APPLICATIONS

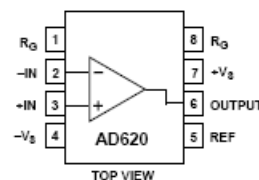
Weigh Scales  
ECG and Medical Instrumentation  
Transducer Interface  
Data Acquisition Systems  
Industrial Process Controls  
Battery Powered and Portable Equipment

#### PRODUCT DESCRIPTION

The AD620 is a low cost, high accuracy instrumentation amplifier that requires only one external resistor to set gains of 1 to

#### CONNECTION DIAGRAM

8-Lead Plastic Mini-DIP (N), Cerdip (Q)  
and SOIC (R) Packages



1000. Furthermore, the AD620 features 8-lead SOIC and DIP packaging that is smaller than discrete designs, and offers lower power (only 1.3 mA max supply current), making it a good fit for battery powered, portable (or remote) applications.

The AD620, with its high accuracy of 40 ppm maximum nonlinearity, low offset voltage of 50  $\mu$ V max and offset drift of 0.6  $\mu$ V/ $^{\circ}$ C max, is ideal for use in precision data acquisition systems, such as weigh scales and transducer interfaces. Furthermore, the low noise, low input bias current, and low power of the AD620 make it well suited for medical applications such as ECG and noninvasive blood pressure monitors.

The low input bias current of 1.0 nA max is made possible with the use of Superbeta processing in the input stage. The AD620 works well as a preamplifier due to its low input voltage noise of 9 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$  at 1 kHz, 0.28  $\mu$ V p-p in the 0.1 Hz to 10 Hz band, 0.1 pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$  input current noise. Also, the AD620 is well suited for multiplexed applications with its settling time of 15  $\mu$ s to 0.01% and its cost is low enough to enable designs with one in-amp per channel.

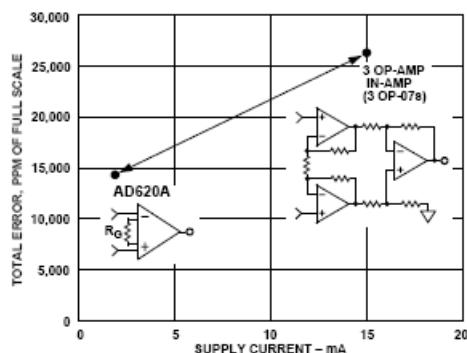


Figure 1. Three Op Amp IA Designs vs. AD620

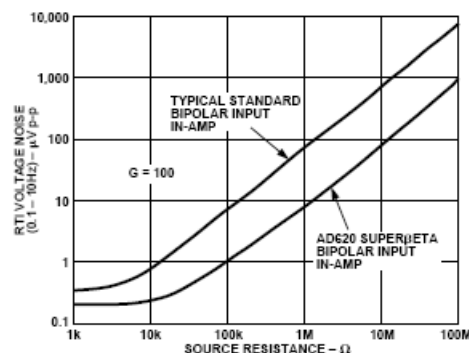


Figure 2. Total Voltage Noise vs. Source Resistance

#### REV. E

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.  
Tel: 781/329-4700 World Wide Web Site: <http://www.analog.com>  
Fax: 781/326-8703 © Analog Devices, Inc., 1999

## AD620—SPECIFICATIONS

(Typical @ +25°C,  $V_S = \pm 15$  V, and  $R_L = 2$  k $\Omega$ , unless otherwise noted)

Model	Conditions	AD620A			AD620B			AD620S <sup>1</sup>			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
<b>GAIN</b>	$G = 1 + (49.4 \text{ k}\Omega/R_G)$	1		10,000	1		10,000	1		10,000	
Gain Range											
Gain Error <sup>2</sup>	$V_{OUT} = \pm 10$ V										%
$G = 1$			0.03	0.10		0.01	0.02		0.03	0.10	%
$G = 10$			0.15	0.30		0.10	0.15		0.15	0.30	%
$G = 100$			0.15	0.30		0.10	0.15		0.15	0.30	%
$G = 1000$			0.40	0.70		0.35	0.50		0.40	0.70	%
Nonlinearity,	$V_{OUT} = -10$ V to $+10$ V,										ppm
$G = 1$ –1000	$R_L = 10$ k $\Omega$		10	40		10	40		10	40	ppm
$G = 1$ –100	$R_L = 2$ k $\Omega$		10	95		10	95		10	95	ppm
Gain vs. Temperature	$G = 1$			10			10			10	ppm/°C
	Gain $> 1^2$			–50			–50			–50	ppm/°C
<b>VOLTAGE OFFSET</b>	(Total RTI Error = $V_{OSI} + V_{OSO}/G$ )										
Input Offset, $V_{OSI}$	$V_S = \pm 5$ V to $\pm 15$ V		30	125		15	50		30	125	$\mu$ V
Over Temperature	$V_S = \pm 5$ V to $\pm 15$ V			185			85			225	$\mu$ V
Average TC	$V_S = \pm 5$ V to $\pm 15$ V		0.3	1.0		0.1	0.6		0.3	1.0	$\mu$ V/°C
Output Offset, $V_{OSO}$	$V_S = \pm 15$ V		400	1000		200	500		400	1000	$\mu$ V
	$V_S = \pm 5$ V			1500			750			1500	$\mu$ V
Over Temperature	$V_S = \pm 5$ V to $\pm 15$ V			2000			1000			2000	$\mu$ V
Average TC	$V_S = \pm 5$ V to $\pm 15$ V		5.0	15		2.5	7.0		5.0	15	$\mu$ V/°C
Offset Referred to the Input vs. Supply (PSR)	$V_S = \pm 2.3$ V to $\pm 18$ V										
$G = 1$		80	100		80	100		80	100		dB
$G = 10$		95	120		100	120		95	120		dB
$G = 100$		110	140		120	140		110	140		dB
$G = 1000$		110	140		120	140		110	140		dB
<b>INPUT CURRENT</b>											
Input Bias Current			0.5	2.0		0.5	1.0		0.5	2	nA
Over Temperature				2.5			1.5			4	nA
Average TC			3.0			3.0			8.0		pA/°C
Input Offset Current			0.3	1.0		0.3	0.5		0.3	1.0	nA
Over Temperature				1.5			0.75			2.0	nA
Average TC			1.5			1.5			8.0		pA/°C
<b>INPUT</b>											
Input Impedance											
Differential			10 <sup>12</sup>			10 <sup>12</sup>			10 <sup>12</sup>		G $\Omega$ /pF
Common-Mode			10 <sup>12</sup>			10 <sup>12</sup>			10 <sup>12</sup>		G $\Omega$ /pF
Input Voltage Range <sup>3</sup>	$V_S = \pm 2.3$ V to $\pm 5$ V	$-V_S + 1.9$		$+V_S - 1.2$	$-V_S + 1.9$		$+V_S - 1.2$	$-V_S + 1.9$		$+V_S - 1.2$	V
Over Temperature	$V_S = \pm 5$ V to $\pm 18$ V	$-V_S + 2.1$		$+V_S - 1.3$	$-V_S + 2.1$		$+V_S - 1.3$	$-V_S + 2.1$		$+V_S - 1.3$	V
		$-V_S + 1.9$		$+V_S - 1.4$	$-V_S + 1.9$		$+V_S - 1.4$	$-V_S + 1.9$		$+V_S - 1.4$	V
Over Temperature		$-V_S + 2.1$		$+V_S - 1.4$	$-V_S + 2.1$		$+V_S - 1.4$	$-V_S + 2.3$		$+V_S - 1.4$	V
Common-Mode Rejection Ratio DC to 60 Hz with 1 k $\Omega$ Source Imbalance	$V_{CM} = 0$ V to $\pm 10$ V										
$G = 1$		73	90		80	90		73	90		dB
$G = 10$		93	110		100	110		93	110		dB
$G = 100$		110	130		120	130		110	130		dB
$G = 1000$		110	130		120	130		110	130		dB
<b>OUTPUT</b>											
Output Swing	$R_L = 10$ k $\Omega$ , $V_S = \pm 2.3$ V to $\pm 5$ V	$-V_S + 1.1$		$+V_S - 1.2$	$-V_S + 1.1$		$+V_S - 1.2$	$-V_S + 1.1$		$+V_S - 1.2$	V
Over Temperature	$V_S = \pm 5$ V to $\pm 18$ V	$-V_S + 1.4$		$+V_S - 1.3$	$-V_S + 1.4$		$+V_S - 1.3$	$-V_S + 1.6$		$+V_S - 1.3$	V
		$-V_S + 1.2$		$+V_S - 1.4$	$-V_S + 1.2$		$+V_S - 1.4$	$-V_S + 1.2$		$+V_S - 1.4$	V
Over Temperature		$-V_S + 1.6$		$+V_S - 1.5$	$-V_S + 1.6$		$+V_S - 1.5$	$-V_S + 2.3$		$+V_S - 1.5$	V
Short Current Circuit			$\pm 18$			$\pm 18$			$\pm 18$		mA

## AD620

Model	Conditions	Min	AD620A Typ	Max	Min	AD620B Typ	Max	Min	AD620S <sup>1</sup> Typ	Max	Units
<b>DYNAMIC RESPONSE</b>											
Small Signal -3 dB Bandwidth											
G = 1			1000			1000			1000		kHz
G = 10			800			800			800		kHz
G = 100			120			120			120		kHz
G = 1000			12			12			12		kHz
Slew Rate		0.75	1.2		0.75	1.2		0.75	1.2		V/μs
Settling Time to 0.01%	10 V Step										μs
G = 1-100			15			15			15		μs
G = 1000			150			150			150		μs
<b>NOISE</b>											
Voltage Noise, 1 kHz		$Total\ RTI\ Noise = \sqrt{(e_{ni}^2) + (e_{no}/G)^2}$									
Input, Voltage Noise, $e_{ni}$			9	13		9	13		9	13	nV/√Hz
Output, Voltage Noise, $e_{no}$			72	100		72	100		72	100	nV/√Hz
RTI, 0.1 Hz to 10 Hz											
G = 1			3.0			3.0	6.0		3.0	6.0	μV p-p
G = 10			0.55			0.55	0.8		0.55	0.8	μV p-p
G = 100-1000			0.28			0.28	0.4		0.28	0.4	μV p-p
Current Noise	f = 1 kHz		100			100			100		fA/√Hz
0.1 Hz to 10 Hz			10			10			10		pA p-p
<b>REFERENCE INPUT</b>											
$R_{IN}$	$V_{IN}, V_{REF} = 0$		20			20			20		kΩ
$I_{IN}$			+50	+60		+50	+60		+50	+60	μA
Voltage Range		-V <sub>S</sub> + 1.6		+V <sub>S</sub> - 1.6	-V <sub>S</sub> + 1.6		+V <sub>S</sub> - 1.6	-V <sub>S</sub> + 1.6		+V <sub>S</sub> - 1.6	V
Gain to Output			1 ± 0.0001			1 ± 0.0001			1 ± 0.0001		
<b>POWER SUPPLY</b>											
Operating Range <sup>4</sup>	$V_S = \pm 2.3\text{ V to } \pm 18\text{ V}$	±2.3		±18	±2.3		±18	±2.3		±18	V
Quiescent Current		0.9	1.3		0.9	1.3		0.9	1.3		mA
Over Temperature		1.1	1.6		1.1	1.6		1.1	1.6		mA
<b>TEMPERATURE RANGE</b>											
For Specified Performance			-40 to +85			-40 to +85			-55 to +125		°C

### NOTES

<sup>1</sup>See Analog Devices military data sheet for 883B tested specifications.

<sup>2</sup>Does not include effects of external resistor  $R_G$ .

<sup>3</sup>One input grounded. G = 1.

<sup>4</sup>This is defined as the same supply range which is used to specify PSR.

Specifications subject to change without notice.

## AD620

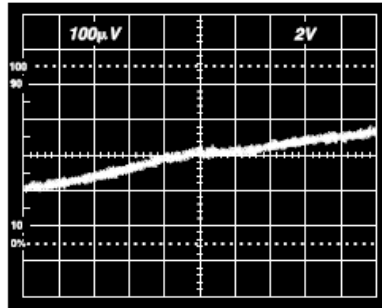


Figure 31b. Gain Nonlinearity,  $G = 100$ ,  $R_L = 10 \text{ k}\Omega$   
( $100 \mu\text{V} = 10 \text{ ppm}$ )

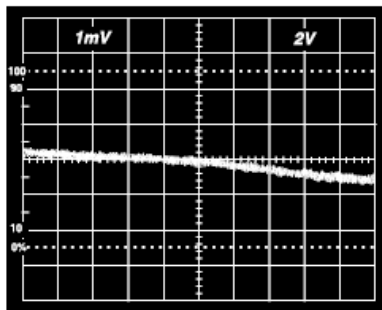


Figure 31c. Gain Nonlinearity,  $G = 1000$ ,  $R_L = 10 \text{ k}\Omega$   
( $1 \text{ mV} = 100 \text{ ppm}$ )

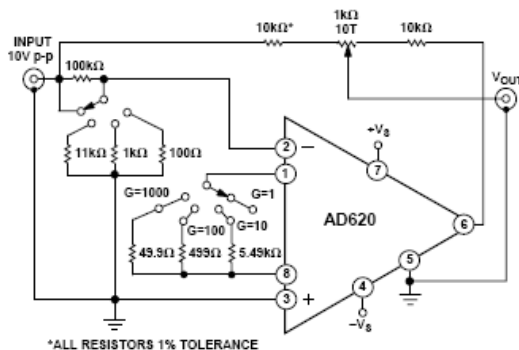


Figure 32. Settling Time Test Circuit

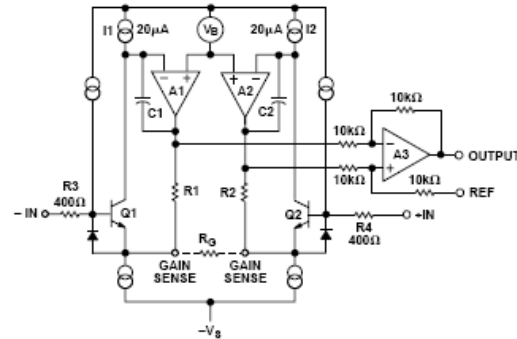


Figure 33. Simplified Schematic of AD620

### THEORY OF OPERATION

The AD620 is a monolithic instrumentation amplifier based on a modification of the classic three op amp approach. Absolute value trimming allows the user to program gain *accurately* (to 0.15% at  $G = 100$ ) with only one resistor. Monolithic construction and laser wafer trimming allow the tight matching and tracking of circuit components, thus ensuring the high level of performance inherent in this circuit.

The input transistors Q1 and Q2 provide a single differential-pair bipolar input for high precision (Figure 33), yet offer  $10\times$  lower Input Bias Current thanks to Superbeta processing. Feedback through the Q1-A1-R1 loop and the Q2-A2-R2 loop maintains constant collector current of the input devices Q1, Q2 thereby impressing the input voltage across the external gain setting resistor  $R_G$ . This creates a differential gain from the inputs to the A1/A2 outputs given by  $G = (R_1 + R_2)/R_G + 1$ . The unity-gain subtractor A3 removes any common-mode signal, yielding a single-ended output referred to the REF pin potential.

The value of  $R_G$  also determines the transconductance of the preamp stage. As  $R_G$  is reduced for larger gains, the transconductance increases asymptotically to that of the input transistors. This has three important advantages: (a) Open-loop gain is boosted for increasing programmed gain, thus reducing gain-related errors. (b) The gain-bandwidth product (determined by C1, C2 and the preamp transconductance) increases with programmed gain, thus optimizing frequency response. (c) The input voltage noise is reduced to a value of  $9 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ , determined mainly by the collector current and base resistance of the input devices.

The internal gain resistors, R1 and R2, are trimmed to an absolute value of  $24.7 \text{ k}\Omega$ , allowing the gain to be programmed accurately with a single external resistor.

The gain equation is then

$$G = \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{R_G} + 1$$

so that

$$R_G = \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{G - 1}$$

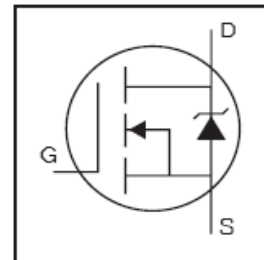
International  
**IR** Rectifier

PD - 94962

**IRF530NPbF**

HEXFET® Power MOSFET

- Advanced Process Technology
- Ultra Low On-Resistance
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Fully Avalanche Rated
- Lead-Free

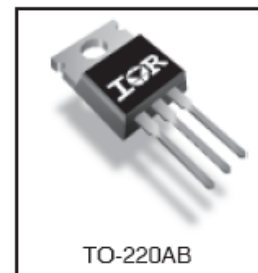


$V_{DSS} = 100V$
$R_{DS(on)} = 90m\Omega$
$I_D = 17A$

### Description

Advanced HEXFET® Power MOSFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.



### Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$	17	A
$I_D @ T_C = 100^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$	12	
$I_{DM}$	Pulsed Drain Current ①	60	
$P_D @ T_C = 25^\circ C$	Power Dissipation	70	W
	Linear Derating Factor	0.47	W/°C
$V_{GS}$	Gate-to-Source Voltage	$\pm 20$	V
$I_{AR}$	Avalanche Current ①	9.0	A
$E_{AR}$	Repetitive Avalanche Energy ①	7.0	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	7.4	V/ns
$T_J$	Operating Junction and	-55 to +175	°C
$T_{STG}$	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case )	
	Mounting torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf•in (1.1N•m)	

### Thermal Resistance

	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	2.15	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	0.50	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	62	

www.irf.com

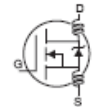
1

# IRF530NPbF

International  
IOR Rectifier

## Electrical Characteristics @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	100	—	—	V	$V_{GS} = 0V, I_D = 250\mu A$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.11	—	V/ $^\circ\text{C}$	Reference to $25^\circ\text{C}, I_D = 1\text{mA}$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	90	m $\Omega$	$V_{GS} = 10V, I_D = 9.0A$ ④
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250\mu A$
$g_{fs}$	Forward Transconductance	12	—	—	S	$V_{DS} = 50V, I_D = 9.0A$ ④
$I_{DSS}$	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25	$\mu A$	$V_{DS} = 100V, V_{GS} = 0V$
		—	—	250		$V_{DS} = 80V, V_{GS} = 0V, T_J = 150^\circ\text{C}$
$I_{GSS}$	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	$V_{GS} = 20V$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100		$V_{GS} = -20V$
$Q_g$	Total Gate Charge	—	—	37	nC	$I_D = 9.0A$
$Q_{gs}$	Gate-to-Source Charge	—	—	7.2		$V_{DS} = 80V$
$Q_{gd}$	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	11		$V_{GS} = 10V$ , See Fig. 6 and 13
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	9.2	—	ns	$V_{DD} = 50V$
$t_r$	Rise Time	—	22	—		$I_D = 9.0A$
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	35	—		$R_G = 12\Omega$
$t_f$	Fall Time	—	25	—		$V_{GS} = 10V$ , See Fig. 10 ④
$L_D$	Internal Drain Inductance	—	4.5	—	nH	Between lead, 6mm (0.25in.) from package and center of die contact
$L_S$	Internal Source Inductance	—	7.5	—		
$C_{iss}$	Input Capacitance	—	920	—	pF	$V_{GS} = 0V$
$C_{oss}$	Output Capacitance	—	130	—		$V_{DS} = 25V$
$C_{rss}$	Reverse Transfer Capacitance	—	19	—		$f = 1.0\text{MHz}$ , See Fig. 5
$E_{AS}$	Single Pulse Avalanche Energy②	—	340③	93③		$I_{AS} = 9.0A, L = 2.3\text{mH}$



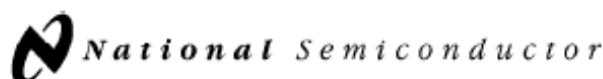
## Source-Drain Ratings and Characteristics

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
$I_S$	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	17	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.
$I_{SM}$	Pulsed Source Current (Body Diode)①	—	—	60		
$V_{SD}$	Diode Forward Voltage	—	—	1.3	V	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_S = 9.0A, V_{GS} = 0V$ ④
$t_{rr}$	Reverse Recovery Time	—	93	140	ns	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_F = 9.0A$
$Q_{rr}$	Reverse Recovery Charge	—	320	480	nC	$di/dt = 100A/\mu s$ ④
$t_{on}$	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by $L_S + L_D$ )				

### Notes:

- ① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature. (See fig. 11)
- ② Starting  $T_J = 25^\circ\text{C}, L = 2.3\text{mH}$   
 $R_G = 25\Omega, I_{AS} = 9.0A, V_{GS} = 10V$  (See Figure 12)
- ③  $I_{SD} \leq 9.0A, di/dt \leq 410A/\mu s, V_{DD} \leq V_{(BR)DSS}, T_J \leq 175^\circ\text{C}$
- ④ Pulse width  $\leq 400\mu s$ ; duty cycle  $\leq 2\%$ .
- ⑤ This is a typical value at device destruction and represents operation outside rated limits.
- ⑥ This is a calculated value limited to  $T_J = 175^\circ\text{C}$ .





January 1995

## LM140A/LM140/LM340A/LM340/LM7800C Series 3-Terminal Positive Regulators

### General Description

The LM140A/LM140/LM340A/LM340/LM7800C monolithic 3-terminal positive voltage regulators employ internal current-limiting, thermal shutdown and safe-area compensation, making them essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1.0A output current. They are intended as fixed voltage regulators in a wide range of applications including local (on-card) regulation for elimination of noise and distribution problems associated with single-point regulation. In addition to use as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable output voltages and currents.

Considerable effort was expended to make the entire series of regulators easy to use and minimize the number of external components. It is not necessary to bypass the output, although this does improve transient response. Input bypassing is needed only if the regulator is located far from the filter capacitor of the power supply.

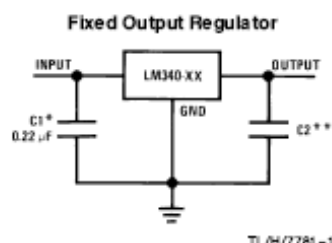
The 5V, 12V, and 15V regulator options are available in the steel TO-3 power package. The LM340A/LM340/LM7800C series is available in the TO-220 plastic power package, and the LM7805 and LM7812 are also available in the surface-mount TO-263 package.

### Features

- Complete specifications at 1A load
- Output voltage tolerances of  $\pm 2\%$  at  $T_j = 25^\circ\text{C}$  and  $\pm 4\%$  over the temperature range (LM140A/LM340A)
- Line regulation of 0.01% of  $V_{OUT}/V$  of  $\Delta V_{IN}$  at 1A load (LM140A/LM340A)
- Load regulation of 0.3% of  $V_{OUT}/A$  (LM140A/LM340A)
- Internal thermal overload protection
- Internal short-circuit current limit
- Output transistor safe area protection
- P+ Product Enhancement tested

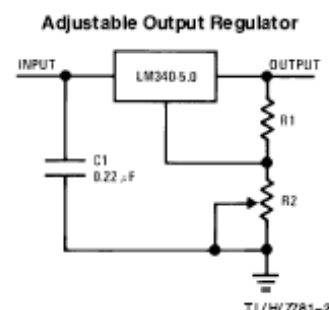
Device	Output Voltages	Packages
LM140A/LM140	5, 12, 15	TO-3 (K)
LM340A/LM340	5, 12, 15	TO-3 (K), TO-220 (T)
LM7800C	5, 6, 8, 12, 15, 18, 24	TO-220 (T), TO-263 (S) (5V and 12V only)

### Typical Applications

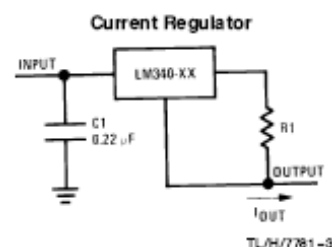


\*Required if the regulator is located far from the power supply filter.

\*\*Although no output capacitor is needed for stability, it does help transient response. (If needed, use 0.1  $\mu\text{F}$ , ceramic disc).



$V_{OUT} = 5V + (5V/R1 + I_Q) R2$   $5V/R1 > 3 I_Q$ , load regulation ( $I_L$ ) =  $[(R1 + R2)/R1] (I_L \text{ of LM340-5})$ .



$$I_{OUT} = \frac{V_{2.5}}{R1} + I_Q$$

$\Delta I_Q = 1.3 \text{ mA}$  over line and load changes.

LM140A/LM140/LM340A/LM340/LM7800C Series 3-Terminal Positive Regulators

LM340/LM7800C

Electrical Characteristics (Note 4)  $0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$  unless otherwise specified

Symbol	Output Voltage		5V			12V			15V			Units	
	Input Voltage (unless otherwise noted)		10V			19V			23V				
	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
$V_O$	Output Voltage	$T_J = 25^{\circ}\text{C}, 5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}$	4.8	5	5.2	11.5	12	12.5	14.4	15	15.6	V	
		$P_D \leq 15\text{ W}, 5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}$	4.75		5.25	11.4		12.6	14.25		15.75	V	
		$V_{\text{MIN}} \leq V_{\text{IN}} \leq V_{\text{MAX}}$	(7.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 20$ )			(14.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 27$ )			(17.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 30$ )			V	
$\Delta V_O$	Line Regulation	$I_O = 500\text{ mA}, T_J = 25^{\circ}\text{C}$	3	50		4	120		4	150		mV	
		$\Delta V_{\text{IN}}$	(7 $\leq V_{\text{IN}} \leq 25$ )			(14.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 30$ )			(17.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 30$ )			V	
		$0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$		50			120			150		mV	
		$\Delta V_{\text{IN}}$	(8 $\leq V_{\text{IN}} \leq 20$ )			(15 $\leq V_{\text{IN}} \leq 27$ )			(18.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 30$ )			V	
		$I_O \leq 1\text{ A}, T_J = 25^{\circ}\text{C}$		50			120			150		mV	
		$\Delta V_{\text{IN}}$	(7.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 20$ )			(14.6 $\leq V_{\text{IN}} \leq 27$ )			(17.7 $\leq V_{\text{IN}} \leq 30$ )			V	
$\Delta V_O$	Load Regulation	$T_J = 25^{\circ}\text{C}, 5\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5\text{ A}$	10	50		12	120		12	150		mV	
		$250\text{ mA} \leq I_O \leq 750\text{ mA}$		25			60			75		mV	
		$5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}, 0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$		50			120			150		mV	
$I_Q$	Quiescent Current	$I_O \leq 1\text{ A}, T_J = 25^{\circ}\text{C}$		8			8			8		mA	
		$0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$		8.5			8.5			8.5		mA	
$\Delta I_Q$	Quiescent Current Change	$5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}$		0.5			0.5			0.5		mA	
		$T_J = 25^{\circ}\text{C}, I_O \leq 1\text{ A}$		1.0			1.0			1.0		mA	
		$V_{\text{MIN}} \leq V_{\text{IN}} \leq V_{\text{MAX}}$	(7.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 20$ )			(14.8 $\leq V_{\text{IN}} \leq 27$ )			(17.9 $\leq V_{\text{IN}} \leq 30$ )			V	
		$I_O \leq 500\text{ mA}, 0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$		1.0			1.0			1.0		mA	
$V_N$	Output Noise Voltage	$T_A = 25^{\circ}\text{C}, 10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$		40			75			90		$\mu\text{V}$	
$\frac{\Delta V_{\text{IN}}}{\Delta V_{\text{OUT}}}$	Ripple Rejection	$I_O \leq 1\text{ A}, T_J = 25^{\circ}\text{C}$	62	80		55	72		54	70		dB	
		$f = 120\text{ Hz}$	62			55			54			dB	
		$0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$											
$R_O$	Dropout Voltage	$V_{\text{MIN}} \leq V_{\text{IN}} \leq V_{\text{MAX}}$	(7 $\leq V_{\text{IN}} \leq 25$ )			(14.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 30$ )			(17.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 30$ )			V	
		$T_J = 25^{\circ}\text{C}, I_O = 1\text{ A}$		2.0			2.0			2.0		V	
		$f = 1\text{ kHz}$		8			18			19		m $\Omega$	
		$T_J = 25^{\circ}\text{C}$		2.1			1.5			1.2		A	
		$T_J = 25^{\circ}\text{C}$		2.4			2.4			2.4		A	
$V_{\text{IN}}$	Input Voltage Required to Maintain Line Regulation	$0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}, I_O = 5\text{ mA}$		-0.6			-1.5			-1.8		mV/ $^{\circ}\text{C}$	
		$T_J = 25^{\circ}\text{C}, I_O \leq 1\text{ A}$	7.5			14.6			17.7			V	

Note 1: Absolute Maximum Ratings are limits beyond which damage to the device may occur. Operating Conditions are conditions under which the device functions but the specifications might not be guaranteed. For guaranteed specifications and test conditions see the Electrical Characteristics.

Note 2: The maximum allowable power dissipation at any ambient temperature is a function of the maximum junction temperature for operation ( $T_{\text{JMAX}} = 125^{\circ}\text{C}$  or  $150^{\circ}\text{C}$ ), the junction-to-ambient thermal resistance ( $\theta_{\text{JA}}$ ), and the ambient temperature ( $T_A$ ).  $P_{\text{DMAX}} = (T_{\text{JMAX}} - T_A)/\theta_{\text{JA}}$ . If this dissipation is exceeded, the die temperature will rise above  $T_{\text{JMAX}}$  and the electrical specifications do not apply. If the die temperature rises above  $150^{\circ}\text{C}$ , the device will go into thermal shutdown. For the TO-3 package (K, KC), the junction-to-ambient thermal resistance ( $\theta_{\text{JA}}$ ) is  $39^{\circ}\text{C/W}$ . When using a heatsink,  $\theta_{\text{JA}}$  is the sum of the  $4^{\circ}\text{C/W}$  junction-to-case thermal resistance ( $\theta_{\text{JC}}$ ) of the TO-3 package and the case-to-ambient thermal resistance of the heatsink. For the TO-220 package (T),  $\theta_{\text{JA}}$  is  $54^{\circ}\text{C/W}$  and  $\theta_{\text{JC}}$  is  $4^{\circ}\text{C/W}$ .

If the TO-263 package is used, the thermal resistance can be reduced by increasing the PCB board copper area thermally connected to the package: Using 0.5 square inches of copper area,  $\theta_{\text{JA}}$  is  $50^{\circ}\text{C/W}$ ; with 1 square inch of copper area,  $\theta_{\text{JA}}$  is  $37^{\circ}\text{C/W}$ ; and with 1.6 or more inches of copper area,  $\theta_{\text{JA}}$  is  $32^{\circ}\text{C/W}$ .

Note 3: ESD rating is based on the human body model, 100 pF discharged through 1.5 k $\Omega$ .

Note 4: All characteristics are measured with a 0.22  $\mu\text{F}$  capacitor from input to ground and a 0.1  $\mu\text{F}$  capacitor from output to ground. All characteristics except noise voltage and ripple rejection ratio are measured using pulse techniques ( $t_w \leq 10\text{ ms}$ , duty cycle  $\leq 5\%$ ). Output voltage changes due to changes in internal temperature must be taken into account separately.

Note 5: A military RETS specification is available on request. At the time of printing, the military RETS specifications for the LM140AK-5.0/883, LM140AK-12/883, and LM140AK-15/883 complied with the min and max limits for the respective versions of the LM140A. At the time of printing, the military RETS specifications for the LM140K-5.0/883, LM140K-12/883, and LM140K-15/883 complied with the min and max limits for the respective versions of the LM140. The LM140H/883, LM140K/883, and LM140AK/883 may also be procured as a Standard Military Drawing.





## LF00AB/C SERIES

### VERY LOW DROP VOLTAGE REGULATORS WITH INHIBIT

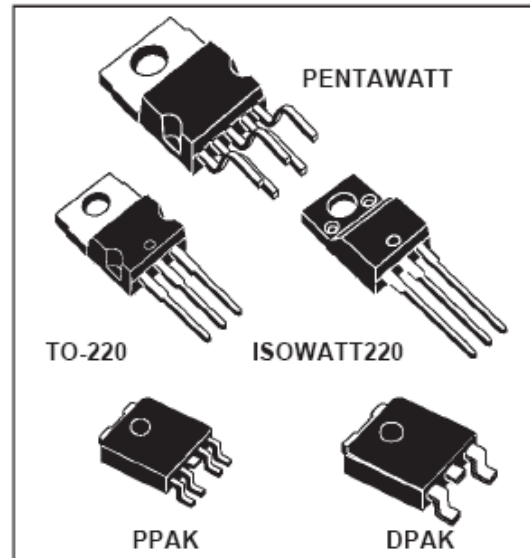
- VERY LOW DROPOUT VOLTAGE (0.45V)
- VERY LOW QUIESCENT CURRENT  
(TYP. 50  $\mu$ A IN OFF MODE, 500 $\mu$ A IN ON MODE)
- OUTPUT CURRENT UP TO 500 mA
- LOGIC-CONTROLLED ELECTRONIC SHUTDOWN
- OUTPUT VOLTAGES OF 1.25; 1.5; 1.8; 2.5; 2.7; 3; 3.3; 3.5; 4; 4.5; 4.7; 5; 5.2; 5.5; 6; 8; 8.5; 9; 12V
- INTERNAL CURRENT AND THERMAL LIMIT
- ONLY 2.2 $\mu$ F FOR STABILITY
- AVAILABLE IN  $\pm 1\%$  (AB) OR  $\pm 2\%$  (C) SELECTION AT 25  $^{\circ}$ C
- SUPPLY VOLTAGE REJECTION: 80 db (TYP.)

- TEMPERATURE RANGE: -40 TO 125  $^{\circ}$ C

#### DESCRIPTION

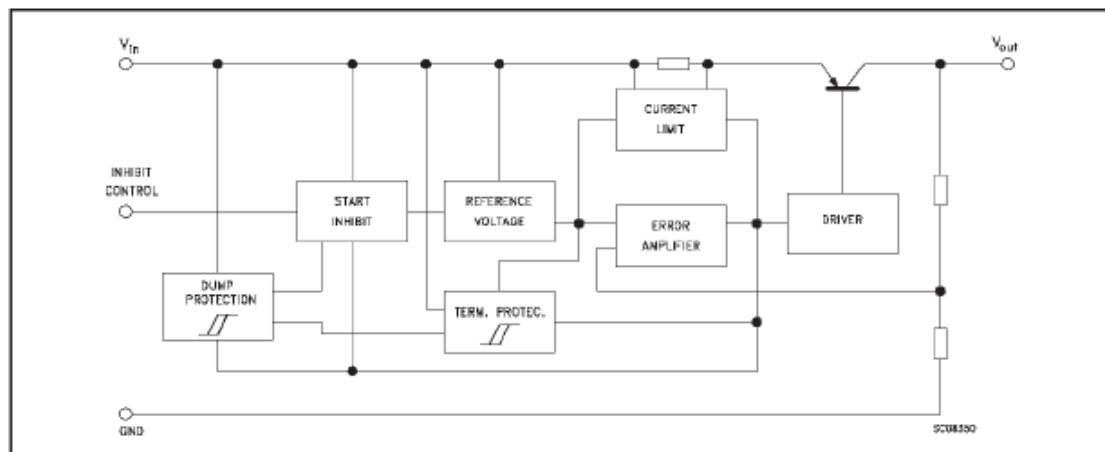
The LF00 series are very Low Drop regulators available in PENTAWATT, TO-220, ISOWATT220, DPAK and PPAK package and in a wide range of output voltages.

The very Low Drop voltage (0.45V) and the very low quiescent current make them particularly suitable for Low Noise, Low Power applications and specially in battery powered systems.



In the 5 pins configuration (PENTAWATT and PPAK) a Shutdown Logic Control function is available (pin 2, TTL compatible). This means that when the device is used as a local regulator, it is possible to put a part of the board in standby, decreasing the total power consumption. In the three terminal configuration the device has the same electrical performance, but is fixed in

#### SCHEMATIC DIAGRAM



## LF00AB/C

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR LF33AB** (refer to the test circuits,  $T_j = 25^\circ\text{C}$ ,  
 $C_i = 0.1\ \mu\text{F}$ ,  $C_o = 2.2\ \mu\text{F}$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_o$	Output Voltage	$I_o = 50\ \text{mA}$ , $V_i = 5.3\ \text{V}$ $I_o = 50\ \text{mA}$ , $V_i = 5.3\ \text{V}$ $-25 < T_a < 85^\circ\text{C}$	3.267 3.234	3.3	3.333 3.366	V V
$V_i$	Operating Input Voltage	$I_o = 500\ \text{mA}$			16	V
$I_{out}$	Output Current Limit			1		A
$\Delta V_o$	Line Regulation	$V_i = 4.3\ \text{to}\ 16\ \text{V}$ , $I_o = 5\ \text{mA}$		3	16	mV
$\Delta V_o$	Load Regulation	$V_i = 4.6\ \text{V}$ $I_o = 5\ \text{to}\ 500\ \text{mA}$		3	16	mV
$I_d$	Quiescent Current	ON MODE $V_i = 4.3\ \text{to}\ 16\ \text{V}$ $I_o = 0\ \text{mA}$ $V_i = 4.6\ \text{to}\ 16\ \text{V}$ $I_o = 500\ \text{mA}$ OFF MODE $V_i = 6\ \text{V}$		0.5 50	1 100	mA mA $\mu\text{A}$
SVR	Supply Voltage Rejection	$I_o = 5\ \text{mA}$ $V_i = 5.3\ \text{V} \pm 1\ \text{V}$ $f = 120\ \text{Hz}$ $f = 1\ \text{KHz}$ $f = 10\ \text{KHz}$		80 75 65		dB dB dB
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\ \text{Hz to}\ 100\ \text{KHz}$		50		$\mu\text{V}$
$V_d$	Dropout Voltage	$I_o = 200\ \text{mA}$ $I_o = 500\ \text{mA}$		0.2 0.4	0.35 0.7	V V
$V_{ll}$	Control Input Logic Low	$-40 < T_a < 125^\circ\text{C}$			0.8	V
$V_{lh}$	Control Input Logic High	$-40 < T_a < 125^\circ\text{C}$	2			V
$I_l$	Control Input Current	$V_i = 6\ \text{V}$ , $V_c = 6\ \text{V}$		10		$\mu\text{A}$
$C_o$	Output Bypass Capacitance	$\text{ESR} = 0.1\ \text{to}\ 10\ \Omega$ $I_o = 0\ \text{to}\ 500\ \text{mA}$	2	10		$\mu\text{F}$

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR LF33C** (refer to the test circuits,  $T_j = 25^\circ\text{C}$ ,  
 $C_i = 0.1\ \mu\text{F}$ ,  $C_o = 2.2\ \mu\text{F}$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_o$	Output Voltage	$I_o = 50\ \text{mA}$ , $V_i = 5.3\ \text{V}$ $I_o = 50\ \text{mA}$ , $V_i = 5.3\ \text{V}$ $-25 < T_a < 85^\circ\text{C}$	3.234 3.168	3.3	3.366 3.432	V V
$V_i$	Operating Input Voltage	$I_o = 500\ \text{mA}$			16	V
$I_{out}$	Output Current Limit			1		A
$\Delta V_o$	Line Regulation	$V_i = 4.3\ \text{to}\ 16\ \text{V}$ , $I_o = 5\ \text{mA}$		3	16	mV
$\Delta V_o$	Load Regulation	$V_i = 4.6\ \text{V}$ $I_o = 5\ \text{to}\ 500\ \text{mA}$		3	16	mV
$I_d$	Quiescent Current	ON MODE $V_i = 4.3\ \text{to}\ 16\ \text{V}$ $I_o = 0\ \text{mA}$ $V_i = 4.6\ \text{to}\ 16\ \text{V}$ $I_o = 500\ \text{mA}$ OFF MODE $V_i = 6\ \text{V}$		0.5 50	1 100	mA mA $\mu\text{A}$
SVR	Supply Voltage Rejection	$I_o = 5\ \text{mA}$ $V_i = 5.3\ \text{V} \pm 1\ \text{V}$ $f = 120\ \text{Hz}$ $f = 1\ \text{KHz}$ $f = 10\ \text{KHz}$		80 75 65		dB dB dB
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\ \text{Hz to}\ 100\ \text{KHz}$		50		$\mu\text{V}$
$V_d$	Dropout Voltage	$I_o = 200\ \text{mA}$ $I_o = 500\ \text{mA}$		0.2 0.4	0.35 0.7	V V
$V_{ll}$	Control Input Logic Low	$-40 < T_a < 125^\circ\text{C}$			0.8	V
$V_{lh}$	Control Input Logic High	$-40 < T_a < 125^\circ\text{C}$	2			V
$I_l$	Control Input Current	$V_i = 6\ \text{V}$ , $V_c = 6\ \text{V}$		10		$\mu\text{A}$
$C_o$	Output Bypass Capacitance	$\text{ESR} = 0.1\ \text{to}\ 10\ \Omega$ $I_o = 0\ \text{to}\ 500\ \text{mA}$	2	10		$\mu\text{F}$

**MCC**

Micro Commercial Components  
20736 Marilla Street Chatsworth  
CA 91311  
Phone: (818) 701-4933  
Fax: (818) 701-4939

## MUR405 THRU MUR4100

### Features

- High Surge Capability
- Low Leakage
- Low Forward Voltage Drop
- Ultra Fast Switching Speed For High Efficiency

**4 Amp Super Fast  
Recovery Rectifier  
50 to 1000 Volts**

### Maximum Ratings

- Operating Temperature: -55°C to +150°C
- Storage Temperature: -55°C to +150°C
- Typical Thermal Resistance 20°C/W

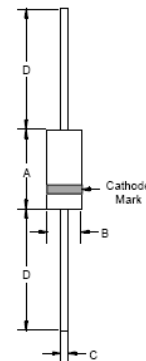
MCC Catalog Number	Device Marking	Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	Maximum RMS Voltage	Maximum DC Blocking Voltage
MUR405	MUR405	50V	35V	50V
MUR410	MUR410	100V	70V	100V
MUR415	MUR415	150V	105V	150V
MUR420	MUR420	200V	140V	200V
MUR440	MUR440	400V	280V	400V
MUR460	MUR460	600V	420V	600V
MUR480	MUR480	800V	550V	800V
MUR4100	MUR4100	1000V	700V	1000V

### Electrical Characteristics @ 25°C Unless Otherwise Specified

Average Forward Current	$I_{F(AV)}$	4.0A	$T_A = 55^\circ\text{C}$
Peak Forward Surge Current	$I_{FSM}$	150A	8.3ms, half sine
Maximum Instantaneous Forward Voltage	$V_F$	1.00V 1.35V 1.85V	$I_{FM} = 4.0A$ ; $T_A = 25^\circ\text{C}^*$
Maximum DC Reverse Current At Rated DC Blocking Voltage	$I_R$	10uA 50uA	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = 100^\circ\text{C}$
Maximum Reverse Recovery Time	$T_{rr}$	45ns 60ns 75ns	$I_F = 0.5A$ , $I_R = 1.0A$ , $I_{rr} = 0.25A$
Typical Junction Capacitance	$C_J$	80pF 50pF	Measured at 1.0MHz, $V_R = 4.0V$

\*Pulse test: Pulse width 300  $\mu\text{sec}$ , Duty cycle 1%

DO-201AD



DIM	INCHES		MM		NOTE
	MIN	MAX	MIN	MAX	
A	---	.370	---	9.50	
B	---	.250	---	6.40	
C	.048	.052	1.20	1.30	
D	1.000	---	25.40	---	

**www.mccsemi.com**

Revision: 3

2003/04/30

## MUR405 thru MUR4100

Figure 1  
Typical Forward Characteristics

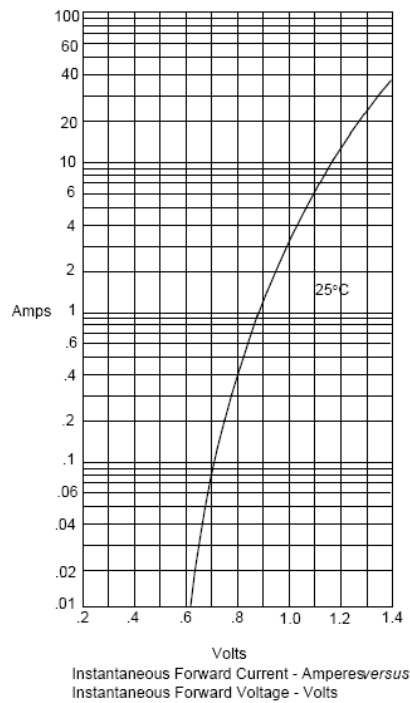


Figure 2  
Forward Derating Curve

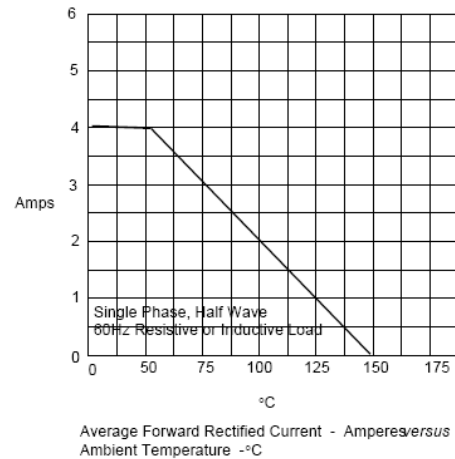
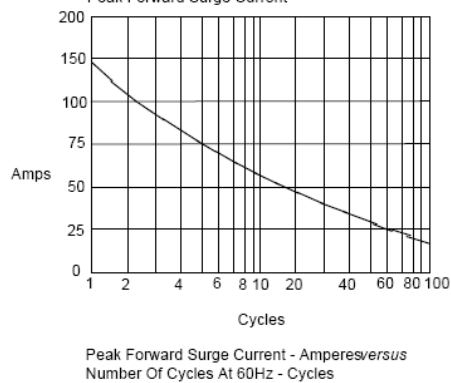


Figure 3  
Peak Forward Surge Current



[www.mccsemi.com](http://www.mccsemi.com)

Revision: 3

2003/04/30

19-4323; Rev 15; 1/06



## +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

### General Description

The MAX220-MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, particularly applications where  $\pm 12V$  is not available.

These parts are especially useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than 5 $\mu$ W. The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245/MAX246/MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

### Applications

Portable Computers  
Low-Power Modems  
Interface Translation  
Battery-Powered RS-232 Systems  
Multidrop RS-232 Networks

### Next-Generation Device Features

- ♦ For Low-Voltage, Integrated ESD Applications  
MAX3222E/MAX3232E/MAX3237E/MAX3241E/  
MAX3246E: +3.0V to +5.5V, Low-Power, Up to  
1Mbps, True RS-232 Transceivers Using Four  
0.1 $\mu$ F External Capacitors (MAX3246E Available  
in a UCSP™ Package)
- ♦ For Low-Cost Applications  
MAX221E:  $\pm 15kV$  ESD-Protected, +5V, 1 $\mu$ A,  
Single RS-232 Transceiver with AutoShutdown™

### Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

AutoShutdown and UCSP are trademarks of Maxim Integrated Products, Inc.

Ordering Information continued at end of data sheet.  
\*Contact factory for dice specifications.

### Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value ( $\mu$ F)	SHDN & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	0.047/0.33	No	—	120	Ultra-low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes	—	200	Low-power shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	✓	120	MAX241 and receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	—	Yes	✓	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No	—	120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	—	No	—	120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	—	No	—	200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	—	Yes	—	120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Shutdown, three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes	—	120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✓	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No	—	120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✓	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✓	120	Available in quad flatpack package



Maxim Integrated Products 1

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at [www.maxim-ic.com](http://www.maxim-ic.com).

MAX220-MAX249

## +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX220/222/232A/233A/242/243

Supply Voltage ( $V_{CC}$ )	.....-0.3V to +6V	18-Pin Plastic DIP (derate 11.1mW/°C above +70°C) ..889mW
$V_+$ (Note 1)	.....( $V_{CC} - 0.3V$ ) to +14V	20-Pin Plastic DIP (derate 8.00mW/°C above +70°C) ..440mW
$V_-$ (Note 1)	.....+0.3V to +14V	16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C) ...696mW
Input Voltages		16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C).....762mW
$T_{IN}$	.....-0.3V to ( $V_{CC} - 0.3V$ )	18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C).....762mW
$R_{IN}$ (Except MAX220)	..... $\pm 30V$	20-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C) .....800mW
$R_{IN}$ (MAX220)	..... $\pm 25V$	16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C).....800mW
$T_{OUT}$ (Except MAX220) (Note 2)	..... $\pm 15V$	18-Pin CERDIP (derate 10.53mW/°C above +70°C).....842mW
$T_{OUT}$ (MAX220)	..... $\pm 13.2V$	
Output Voltages		
$T_{OUT}$	..... $\pm 15V$	
$R_{OUT}$	.....-0.3V to ( $V_{CC} + 0.3V$ )	
Driver/Receiver Output Short Circuited to GND	.....Continuous	
Continuous Power Dissipation ( $T_A = +70^\circ C$ )		
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) ..842mW		

**Note 1:** For the MAX220,  $V_+$  and  $V_-$  can have a maximum magnitude of 7V, but their absolute difference cannot exceed 13V.

**Note 2:** Input voltage measured with  $T_{OUT}$  in high-impedance state, SHDN or  $V_{CC} = 0V$ .

**Note 3:** Maximum reflow temperature for the MAX233A is +225°C.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243

( $V_{CC} = +5V \pm 10\%$ ,  $C_1$ – $C_4 = 0.1\mu F$ , MAX220,  $C_1 = 0.047\mu F$ ,  $C_2$ – $C_4 = 0.33\mu F$ ,  $T_A = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ , unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>RS-232 TRANSMITTERS</b>					
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3k $\Omega$ to GND	$\pm 5$	$\pm 8$		V
Input Logic Threshold Low			1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High	All devices except MAX220	2	1.4		V
	MAX220: $V_{CC} = 5.0V$	2.4			
Logic Pullup/Input Current	All except MAX220, normal operation		5	40	$\mu A$
	SHDN = 0V, MAX222/MAX242, shutdown, MAX220		$\pm 0.01$	$\pm 1$	
Output Leakage Current	$V_{CC} = 5.5V$ , SHDN = 0V, $V_{OUT} = \pm 15V$ , MAX222/MAX242		$\pm 0.01$	$\pm 10$	$\mu A$
	$V_{CC} = \overline{SHDN} = 0V$		$\pm 0.01$	$\pm 10$	
				$\pm 25$	
Data Rate			200	116	kbps
Transmitter Output Resistance	$V_{CC} = V_+ = V_- = 0V$ , $V_{OUT} = \pm 2V$	300	10M		$\Omega$
Output Short-Circuit Current	$V_{OUT} = 0V$	$\pm 7$	$\pm 22$		mA
	MAX220			$\pm 60$	
<b>RS-232 RECEIVERS</b>					
RS-232 Input Voltage Operating Range				$\pm 30$	V
				$\pm 25$	
RS-232 Input Threshold Low	$V_{CC} = 5V$	0.8	1.3		V
		-3			
RS-232 Input Threshold High	$V_{CC} = 5V$	1.8	2.4		V
		-0.5	-0.1		



## +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

( $V_{CC} = +5V \pm 10\%$ ,  $C1-C4 = 0.1\mu F$ , MAX220,  $C1 = 0.047\mu F$ ,  $C2-C4 = 0.33\mu F$ ,  $T_A = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ , unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS	
RS-232 Input Hysteresis	All except MAX220/MAX243, V <sub>CC</sub> = 5V, no hysteresis in SHDN		0.2	0.5	1.0	V	
	MAX220		0.3				
	MAX243		1				
RS-232 Input Resistance	T <sub>A</sub> = +25°C (MAX220)		3	5	7	KΩ	
			3	5	7		
TTL/CMOS Output Voltage Low	I <sub>OUT</sub> = 3.2mA		0.2			V	
	I <sub>OUT</sub> = 1.6mA (MAX220)		0.4				
TTL/CMOS Output Voltage High	I <sub>OUT</sub> = -1.0mA		3.5	V <sub>CC</sub> - 0.2		V	
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V <sub>OUT</sub> = GND		-2	-10		mA	
	Sinking V <sub>OUT</sub> = V <sub>CC</sub>		10	30			
TTL/CMOS Output Leakage Current	SHDN = V <sub>CC</sub> or EN = V <sub>CC</sub> (SHDN = 0V for MAX222), 0V ≤ V <sub>OUT</sub> ≤ V <sub>CC</sub>		±0.05			±10	μA
EN Input Threshold Low	MAX242		1.4			0.8	V
EN Input Threshold High	MAX242		2.0	1.4			V
Operating Supply Voltage			4.5	5.5			V
V <sub>CC</sub> Supply Current (SHDN = V <sub>CC</sub> ), figures 5, 6, 11, 19	No load	MAX220	0.5			2	μA
		MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243	4			10	
	3kΩ load both inputs	MAX220	12				
		MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243	15				
Shutdown Supply Current	MAX222/MAX242	T <sub>A</sub> = +25°C	0.1			10	μA
		T <sub>A</sub> = 0°C to +70°C	2			50	
		T <sub>A</sub> = -40°C to +85°C	2			50	
		T <sub>A</sub> = -55°C to +125°C	35			100	
SHDN Input Leakage Current	MAX222/MAX242		±1			μA	
SHDN Threshold Low	MAX222/MAX242		1.4			0.8	V
SHDN Threshold High	MAX222/MAX242		2.0	1.4			V
Transition Slew Rate	C <sub>L</sub> = 50pF to 2500pF, R <sub>L</sub> = 3kΩ to 7kΩ, V <sub>CC</sub> = 5V, T <sub>A</sub> = +25°C, measured from +3V to -3V or -3V	MAX222/MAX232A/MAX233/MAX242/MAX243	6	12	30	V/μs	
		MAX220	1.5	3	30.0		
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (Normal Operation), Figure 1	t <sub>PHLT</sub>	MAX222/MAX232A/MAX233/MAX242/MAX243	1.3			3.5	μs
		MAX220	4			10	
	t <sub>PLHT</sub>	MAX222/MAX232A/MAX233/MAX242/MAX243	1.5			3.5	
		MAX220	5			10	

**Note 4:** MAX243  $R_{2OUT}$  is guaranteed to be low when  $R_{2IN}$  is  $\geq 0V$  or is floating.

**MAXIM**

3

## +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

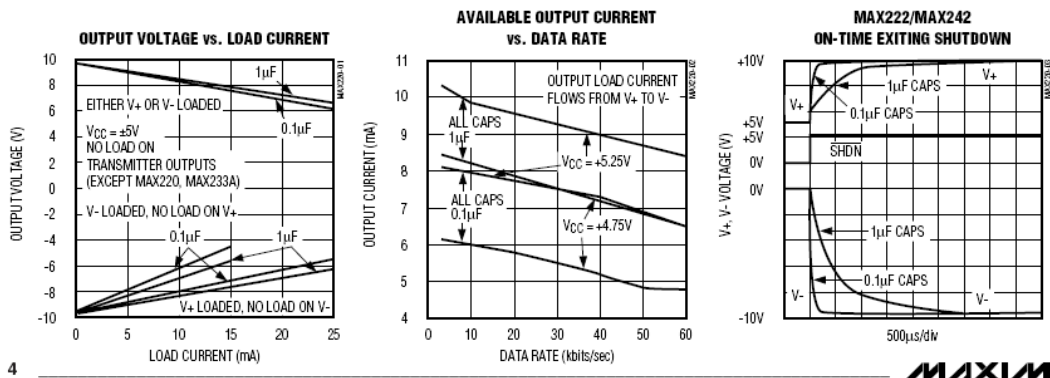
### ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

( $V_{CC} = +5V \pm 10\%$ ,  $C_1$ – $C_4 = 0.1\mu F$ , MAX220,  $C_1 = 0.047\mu F$ ,  $C_2$ – $C_4 = 0.33\mu F$ ,  $T_A = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ , unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (Normal Operation), Figure 2	$t_{PHLR}$ MAX222/MAX232A/MAX233/MAX242/MAX243	0.5	1		$\mu s$
	MAX220	0.6	3		
	$t_{PLHR}$ MAX222/MAX232A/MAX233/MAX242/MAX243	0.6	1		
	MAX220	0.8	3		
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (Shutdown), Figure 2	$t_{PHLS}$ MAX242	0.5	10		$\mu s$
	$t_{PLHS}$ MAX242	2.5	10		
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	$t_{ER}$ MAX242	125	500		ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	$t_{DR}$ MAX242	160	500		ns
Transmitter-Output Enable Time (SHDN Goes High), Figure 4	$t_{ET}$ MAX222/MAX242, 0.1 $\mu F$ caps (includes charge-pump start-up)	250			$\mu s$
Transmitter-Output Disable Time (SHDN Goes Low), Figure 4	$t_{DT}$ MAX222/MAX242, 0.1 $\mu F$ caps	600			ns
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	$t_{PHLT} - t_{PLHT}$ MAX222/MAX232A/MAX233/MAX242/MAX243	300			ns
	MAX220	2000			
Receiver + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	$t_{PHLR} - t_{PLHR}$ MAX222/MAX232A/MAX233/MAX242/MAX243	100			ns
	MAX220	225			

### Typical Operating Characteristics

#### MAX220/MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243





## +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

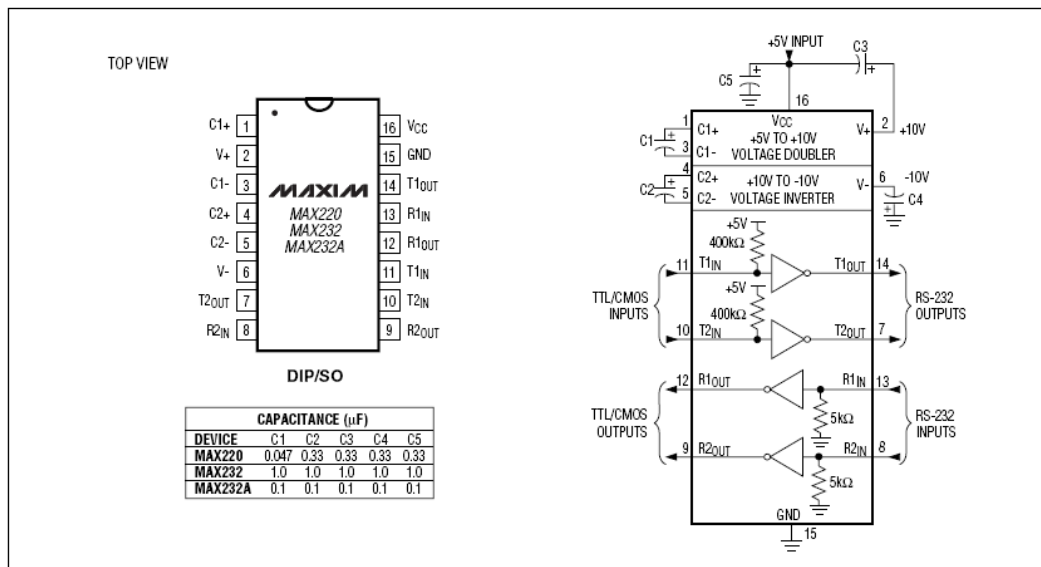


Figure 5. MAX220/MAX232/MAX232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

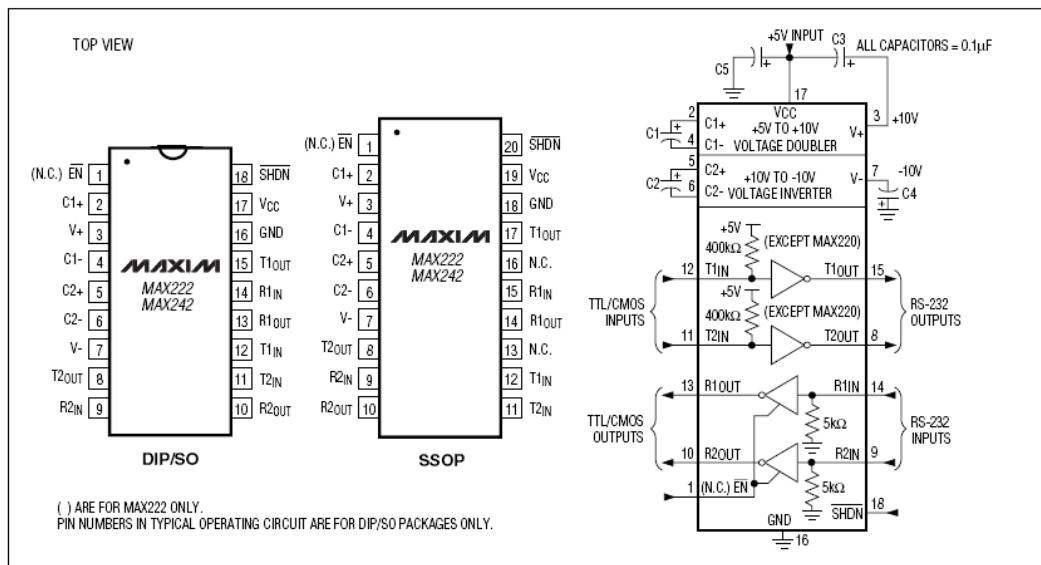


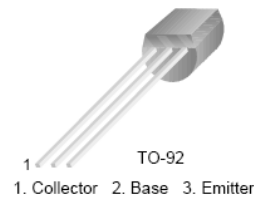
Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configurations and Typical Operating Circuit



## BC546/547/548/549/550

### Switching and Applications

- High Voltage: BC546,  $V_{CE0}=65V$
- Low Noise: BC549, BC550
- Complement to BC556 ... BC560



### NPN Epitaxial Silicon Transistor

#### Absolute Maximum Ratings $T_a=25^\circ C$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage : BC546	80	V
	: BC547/550	50	V
	: BC548/549	30	V
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage : BC546	65	V
	: BC547/550	45	V
	: BC548/549	30	V
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage : BC546/547	6	V
	: BC548/549/550	5	V
$I_C$	Collector Current (DC)	100	mA
$P_C$	Collector Power Dissipation	500	mW
$T_J$	Junction Temperature	150	$^\circ C$
$T_{STG}$	Storage Temperature	-65 ~ 150	$^\circ C$

#### Electrical Characteristics $T_a=25^\circ C$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
$I_{CBO}$	Collector Cut-off Current	$V_{CB}=30V, I_E=0$			15	nA
$h_{FE}$	DC Current Gain	$V_{CE}=5V, I_C=2mA$	110		800	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C=10mA, I_B=0.5mA$		90	250	mV
		$I_C=100mA, I_B=5mA$		200	600	mV
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C=10mA, I_B=0.5mA$		700		mV
		$I_C=100mA, I_B=5mA$		900		mV
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage	$V_{CE}=5V, I_C=2mA$	580	660	700	mV
		$V_{CE}=5V, I_C=10mA$			720	mV
$f_T$	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE}=5V, I_C=10mA, f=100MHz$		300		MHz
$C_{ob}$	Output Capacitance	$V_{CB}=10V, I_E=0, f=1MHz$		3.5	6	pF
$C_{ib}$	Input Capacitance	$V_{EB}=0.5V, I_C=0, f=1MHz$		9		pF
NF	Noise Figure : BC546/547/548 : BC549/550 : BC549 : BC550	$V_{CE}=5V, I_C=200\mu A$		2	10	dB
		$f=1KHz, R_G=2K\Omega$		1.2	4	dB
		$V_{CE}=5V, I_C=200\mu A$		1.4	4	dB
		$R_G=2K\Omega, f=30\sim 15000MHz$		1.4	3	dB

### $h_{FE}$ Classification

Classification	A	B	C
$h_{FE}$	110 ~ 220	200 ~ 450	420 ~ 800

**MOTOROLA**  
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document  
by BD135/D

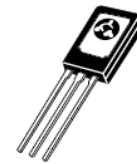
## Plastic Medium Power Silicon NPN Transistor

... designed for use as audio amplifiers and drivers utilizing complementary or quasi complementary circuits.

- DC Current Gain —  $h_{FE} = 40$  (Min) @  $I_C = 0.15$  Adc
- BD 135, 137, 139 are complementary with BD 136, 138, 140

**BD135**  
**BD137**  
**BD139**

**1.5 AMPERE**  
**POWER TRANSISTORS**  
**NPN SILICON**  
**45, 60, 80 VOLTS**  
**10 WATTS**



CASE 77-08  
TO-225AA TYPE

### MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Type	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	$V_{CEO}$	BD 135 BD 137 BD 139	45 60 80	Vdc
Collector-Base Voltage	$V_{CBO}$	BD 135 BD 137 BD 139	45 60 100	Vdc
Emitter-Base Voltage	$V_{EBO}$		5	Vdc
Collector Current	$I_C$		1.5	Adc
Base Current	$I_B$		0.5	Adc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$		1.25 10	Watts mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$		12.5 100	Watt mW/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{stg}$		-55 to +150	$^\circ\text{C}$

### THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Case	$\theta_{JC}$	10	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$\theta_{JA}$	100	$^\circ\text{C/W}$

REV 7

© Motorola, Inc. 1995

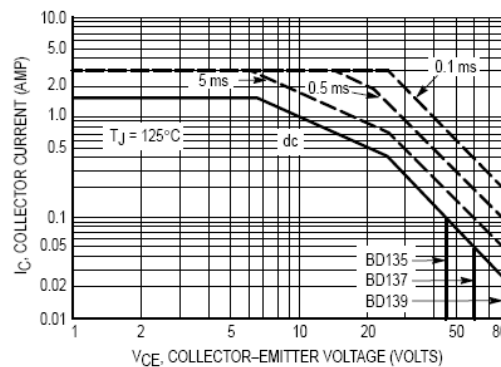


**BD135 BD137 BD139**

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_C = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Type	Min	Max	Unit
Collector-Emitter Sustaining Voltage* ( $I_C = 0.03 \text{ A}$ , $I_B = 0$ )	$BV_{CEO}^*$	BD 135 BD 137 BD 139	45 60 80	— — —	Vdc
Collector Cutoff Current ( $V_{CB} = 30 \text{ Vdc}$ , $I_E = 0$ ) ( $V_{CB} = 30 \text{ Vdc}$ , $I_E = 0$ , $T_C = 125^\circ\text{C}$ )	$I_{CBO}$		— —	0.1 10	$\mu\text{A}$
Emitter Cutoff Current ( $V_{BE} = 5.0 \text{ Vdc}$ , $I_C = 0$ )	$I_{EBO}$		—	10	$\mu\text{A}$
DC Current Gain ( $I_C = 0.005 \text{ A}$ , $V_{CE} = 2 \text{ V}$ ) ( $I_C = 0.15 \text{ A}$ , $V_{CE} = 2 \text{ V}$ ) ( $I_C = 0.5 \text{ A}$ , $V_{CE} = 2 \text{ V}$ )	$h_{FE}^*$		25 40 25	— 250 —	—
Collector-Emitter Saturation Voltage* ( $I_C = 0.5 \text{ A}$ , $I_B = 0.05 \text{ A}$ )	$V_{CE(sat)}^*$		—	0.5	Vdc
Base-Emitter On Voltage* ( $I_C = 0.5 \text{ A}$ , $V_{CE} = 2.0 \text{ Vdc}$ )	$V_{BE(on)}^*$		—	1	Vdc

\* Pulse Test: Pulse Width  $\leq 300 \mu\text{s}$ , Duty Cycle  $\leq 2.0\%$ .



**Figure 1. Active-Region Safe Operating Area**

**MOTOROLA**  
**SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA**

Order this document  
by 1N4001/D

## Axial Lead Standard Recovery Rectifiers

This data sheet provides information on subminiature size, axial lead mounted rectifiers for general-purpose low-power applications.

### Mechanical Characteristics

- Case: Epoxy, Molded
- Weight: 0.4 gram (approximately)
- Finish: All External Surfaces Corrosion Resistant and Terminal Leads are Readily Solderable
- Lead and Mounting Surface Temperature for Soldering Purposes: 220°C Max. for 10 Seconds, 1/16" from case
- Shipped in plastic bags, 1000 per bag.
- Available Tape and Reeled, 5000 per reel, by adding a "RL" suffix to the part number
- Polarity: Cathode Indicated by Polarity Band
- Marking: 1N4001, 1N4002, 1N4003, 1N4004, 1N4005, 1N4006, 1N4007

**1N4001  
thru  
1N4007**

1N4004 and 1N4007 are  
Motorola Preferred Devices

**LEAD MOUNTED  
RECTIFIERS  
50-1000 VOLTS  
DIFFUSED JUNCTION**



CASE 59-03  
DO-41

### MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	Unit
*Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	$V_{RRM}$ $V_{RWM}$ $V_R$	50	100	200	400	600	800	1000	Volts
*Non-Repetitive Peak Reverse Voltage (halfwave, single phase, 60 Hz)	$V_{RSM}$	60	120	240	480	720	1000	1200	Volts
*RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	560	700	Volts
*Average Rectified Forward Current (single phase, resistive load, 60 Hz, see Figure 8, $T_A = 75^\circ\text{C}$ )	$I_O$	1.0							Amp
*Non-Repetitive Peak Surge Current (surge applied at rated load conditions, see Figure 2)	$I_{FSM}$	30 (for 1 cycle)							Amp
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J$ $T_{stg}$	- 65 to +175							$^\circ\text{C}$

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS\*

Rating	Symbol	Typ	Max	Unit
Maximum Instantaneous Forward Voltage Drop ( $I_F = 1.0$ Amp, $T_J = 25^\circ\text{C}$ ) Figure 1	$V_F$	0.93	1.1	Volts
Maximum Full-Cycle Average Forward Voltage Drop ( $I_O = 1.0$ Amp, $T_L = 75^\circ\text{C}$ , 1 inch leads)	$V_{F(AV)}$	—	0.8	Volts
Maximum Reverse Current (rated dc voltage) ( $T_J = 25^\circ\text{C}$ ) ( $T_J = 100^\circ\text{C}$ )	$I_R$	0.05 1.0	10 50	$\mu\text{A}$
Maximum Full-Cycle Average Reverse Current ( $I_O = 1.0$ Amp, $T_L = 75^\circ\text{C}$ , 1 inch leads)	$I_{R(AV)}$	—	30	$\mu\text{A}$

\*Indicates JEDEC Registered Data

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.

Rev 5

© Motorola, Inc. 1996

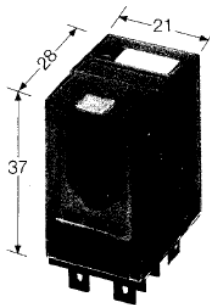


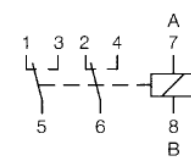
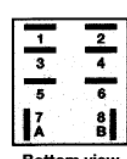
**MOTOROLA**

## QR-C

**Miniature Power Relay,  
plug-in mounting, 2 pole**

**Series C7-..**



Type	C7-A20/24VAC RS 376-408 C7-A20X/24VAC	C7-A20/115VAC RS 376-414 C7-A20X/115VAC	C7-A20/230VAC RS 376-420 C7-A20X/230VAC	C7-A21/... C7-A21X/...
Nominal voltage	24 VAC	115* VAC	230* VAC	see page 4
Contact	AgCdO10 DPDT	AgCdO10 DPDT	AgCdO10 DPDT	AgNi10 + 0.2 μ Au DPDT
Wiring diagram	 			
Function	standard	standard	standard	standard
LED/Neon Indicator	-	-	-	-
Free Wheeling Diode	-	-	-	-
Polarity- and Free Wheeling Diode	-	-	-	-
<b>Coil</b>				
Coil operating voltage [V]	0.8 ... 1.1 U <sub>N</sub>	0.8 ... 1.1 U <sub>N</sub>	0.8 ... 1.1 U <sub>N</sub>	0.8 ... 1.1 U <sub>N</sub>
Nominal power consumption [VA/W]	1.5	1.5	1.5	1.5
Nominal current [mA]	63 68	13 18	6 7	see page 4, table 1
Pull-in voltage [V]	19.2	96	192	0.80 x U <sub>N</sub>
Drop-out voltage [V]	8.4	42	84	0.35 x U <sub>N</sub>
Coil resistance (± 10 % tolerance) [Ω]	160	3500	13800	see page 4, table 1
<b>Contacts</b>				
Max. switching current (resistive) [A]	10	10	10	6
Peak inrush current (resist. 10ms) [A]	30	30	30	18
Max. switching voltage [VAC]	250	250	250	250
Max. switching load AC per contact at 50Hz [VA]	2200	2200	2200	1500
Max. switching load DC per contact at 24V [W]	240	240	240	180

General data	
Operate time	≤ 10 msec
Release time (without Free Wheeling Diode)	≤ 6 msec
Bounce time	2...5 msec
Contact pressure (NO/NC)	25 g / 20 g
Contact gap	0.45 mm
Insulation class in accordance with VDE 0110	Group C250
Test voltage 50 Hz 1 min	2500 V <sub>me</sub>
Insulation resistance	1500 MΩ
Maximum switching with 100 % load	1200 ops/h
Maximum switching with 50 % load	2000 ops/h
Minimum mechanical life	≥ 100 x 10 <sup>6</sup> ops
Ambient temperature	-20...+60°C
Dimensions	21 x 28 x 37 mm
Protection class (DIN 40 050)	IP40
Weight, avg.	34 g

\*Eurostandard: 115VAC = 110...120 VAC; 230VAC = 220...240VAC

Contact materials	Code
AgCdO10	0
AgNi10 + 0.2 μ Au	1
AgCdO10 + 10 μ Au	8
AgCdO10 + 0.2 μ Au	9

Approvals	
CSA listing requested	
UL recognition requested	
SEV approval requested	

C7-A20/12VDC	C7-A20DX/12VDC	RS 376-385	C7-A20X/12VDC	C7-A20/24VDC	C7-A20DX/24VDC	RS376-391	C7-A20X/24VDC	C7-A20/48VDC	C7-A20DX/48VDC	C7-A20X/48VDC	C7-A20/110VDC	C7-A20DX/110VDC	C7-A20X/110VDC	C7-A21/...	C7-A21DX/...	C7-A21FX/...	C7-A21X/...
12 VDC		24 VDC		48 VDC		110 VDC		see page 4									
AgCdO10		AgCdO10		AgCdO10		AgCdO10		AgNi10+ 0.2 μ Au									
DPDT		DPDT		DPDT		DPDT		DPDT		DPDT		DPDT					
<div><div><div><div>1</div><div>3</div><div>2</div><div>4</div><div>5</div><div>6</div><div>7 (+)</div><div>8 (-)</div><div>A</div><div>B</div></div><div><div><div><div>1</div><div>2</div><div>3</div><div>4</div><div>5</div><div>6</div><div>7</div><div>8</div></div><div><div>A</div><div>B</div></div></div></div><div>Bottom view</div></div></div>																	
standard		standard		standard		standard		standard		standard		standard		standard		standard	
-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓
-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.75...1.1 U <sub>N</sub>		0.75...1.1 U <sub>N</sub>		0.75...1.1 U <sub>N</sub>		0.75...1.1 U <sub>N</sub>		0.75...1.1 U <sub>N</sub>		0.75...1.1 U <sub>N</sub>		0.75...1.1 U <sub>N</sub>		0.75...1.1 U <sub>N</sub>		0.75...1.1 U <sub>N</sub>	
0.9		0.9		0.9		0.9		0.9		0.9		0.9		0.9		0.9	
75	80	37	42	19	24	8	9	8	9	8	9	8	9	8	9	8	9
9		18		36		94		94		94		94		94		94	
1.2		2.4		4.8		12.5		12.5		12.5		12.5		12.5		12.5	
160		640		2560		13440		13440		13440		13440		13440		13440	
10		10		10		10		10		10		10		6		6	
30		30		30		30		30		30		30		18		18	
250		250		250		250		250		250		250		250		250	
2200		2200		2200		2200		2200		2200		2200		1500		1500	
240		240		240		240		240		240		240		180		180	

**Coil features**

Coil type **B**

Code **D**

Code **F**

Coils with LED/Neon Indicator

Coil type **B...X**

Code **DX**

Code **FX**

Code **X**

**PCB mounting, direct soldering**

All dimensions in mm

**Socket**

Recommended type:

**S7-B**

Further information, see page 10...11



# SIOV Metal Oxide Varistors

## Standard Series

Maximum ratings ( $T_A = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

Type (untaped) SIOV-	Ordering code <b>NEW</b>	$V_{\text{RMS}}$ V	$V_{\text{DC}}$ V	$i_{\text{max}}$ 8/20 $\mu\text{s}$ A	$W_{\text{max}}$ (2 ms) J	$P_{\text{max}}$ W
S05K115	B72205-S111-K101	115	150	400	3,6	0,10
S07K115	B72207-S111-K101	115	150	1200	8,4	0,25
S10K115	B72210-S111-K101	115	150	2500	18,0	0,40
S14K115	B72214-S111-K101	115	150	4500	30,0	0,60
S20K115	B72220-S111-K101	115	150	6500	60,0	1,00
S05K130	B72205-S131-K101	130	170	400	4,2	0,10
S07K130	B72207-S131-K101	130	170	1200	9,5	0,25
S10K130	B72210-S131-K101	130	170	2500	19,0	0,40
S14K130	B72214-S131-K101	130	170	4500	34,0	0,60
S20K130	B72220-S131-K101	130	170	8000	74,0	1,00
S05K140	B72205-S141-K101	140	180	400	4,5	0,10
S07K140	B72207-S141-K101	140	180	1200	10,0	0,25
S10K140	B72210-S141-K101	140	180	2500	22,0	0,40
S14K140	B72214-S141-K101	140	180	4500	36,0	0,60
S20K140	B72220-S141-K101	140	180	8000	78,0	1,00
S05K150	B72205-S151-K101	150	200	400	4,9	0,10
S07K150	B72207-S151-K101	150	200	1200	11,0	0,25
S10K150	B72210-S151-K101	150	200	2500	24,0	0,40
S14K150	B72214-S151-K101	150	200	4500	40,0	0,60
S20K150	B72220-S151-K101	150	200	8000	85,0	1,00
S05K175	B72205-S171-K101	175	225	400	5,6	0,10
S07K175	B72207-S171-K101	175	225	1200	13,0	0,25
S10K175	B72210-S171-K101	175	225	2500	28,0	0,40
S14K175	B72214-S171-K101	175	225	4500	46,0	0,60
S20K175	B72220-S171-K101	175	225	8000	98,0	1,00
S05K230	B72205-S231-K101	230	300	400	7,2	0,10
S07K230	B72207-S231-K101	230	300	1200	17,0	0,25
S10K230	B72210-S231-K101	230	300	2500	36,0	0,40
S14K230	B72214-S231-K101	230	300	4500	60,0	0,60
S20K230	B72220-S231-K101	230	300	8000	130,0	1,00
S05K250	B72205-S251-K101	250	320	400	8,2	0,10
S07K250	B72207-S251-K101	250	320	1200	19,0	0,25
S10K250	B72210-S251-K101	250	320	2500	38,0	0,40
S14K250	B72214-S251-K101	250	320	4500	65,0	0,60
S20K250	B72220-S251-K101	250	320	8000	140,0	1,00

**Note:** New ordering codes implemented (refer to chapter Varistor Type Cross-Reference List)





**SIOV Metal Oxide Varistors**

**Standard Series**



Characteristics ( $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

Type (untaped) SIOV-	$V_V$ (1 mA) V	$\Delta V_V$ (1 mA) %	Max. clamping voltage		$C_{typ}$ (1 kHz) pF	Derating curve Page	V/I char- acteristic Page
			$v$ V	$i$ A			
S05K115	180	$\pm 10$	300	5,0	110	247	278
S07K115	180	$\pm 10$	300	10,0	220	247	279
S10K115	180	$\pm 10$	300	25,0	445	248	280
S14K115	180	$\pm 10$	300	50,0	730	250	281
S20K115	180	$\pm 10$	300	100,0	1520	251	282
S05K130	205	$\pm 10$	340	5,0	100	247	278
S07K130	205	$\pm 10$	340	10,0	200	247	279
S10K130	205	$\pm 10$	340	25,0	400	248	280
S14K130	205	$\pm 10$	340	50,0	650	250	281
S20K130	205	$\pm 10$	340	100,0	1340	252	282
S05K140	220	$\pm 10$	360	5,0	95	247	278
S07K140	220	$\pm 10$	360	10,0	180	247	279
S10K140	220	$\pm 10$	360	25,0	370	248	280
S14K140	220	$\pm 10$	360	50,0	610	250	281
S20K140	220	$\pm 10$	360	100,0	1240	252	282
S05K150	240	$\pm 10$	395	5,0	90	247	278
S07K150	240	$\pm 10$	395	10,0	170	247	279
S10K150	240	$\pm 10$	395	25,0	350	248	280
S14K150	240	$\pm 10$	395	50,0	570	250	281
S20K150	240	$\pm 10$	395	100,0	1160	252	282
S05K175	270	$\pm 10$	455	5,0	75	247	278
S07K175	270	$\pm 10$	455	10,0	150	247	279
S10K175	270	$\pm 10$	455	25,0	300	248	280
S14K175	270	$\pm 10$	455	50,0	490	250	281
S20K175	270	$\pm 10$	455	100,0	1000	252	282
S05K230	360	$\pm 10$	595	5,0	60	247	278
S07K230	360	$\pm 10$	595	10,0	115	247	279
S10K230	360	$\pm 10$	595	25,0	230	248	280
S14K230	360	$\pm 10$	595	50,0	380	250	281
S20K230	360	$\pm 10$	595	100,0	760	252	282
S05K250	390	$\pm 10$	650	5,0	55	247	278
S07K250	390	$\pm 10$	650	10,0	105	247	279
S10K250	390	$\pm 10$	650	25,0	215	248	280
S14K250	390	$\pm 10$	650	50,0	350	250	281
S20K250	390	$\pm 10$	650	100,0	700	252	282



**isofotón**  
el sol al servicio del hombre











FÁBRICA: PARQUE TECNOLÓGICO ANDALUCIA (PTA) C/ Severo Ochoa, 50. 29590 Málaga (España) Tel: +34 951 23 35 00 Email: isofotonum@isofoton.com  
 OFICINA COMERCIAL: ISOFOTÓN C/ Montalbán, 9. 28014 Madrid (España) Tel: +34 91 414 78 00 Fax: +34 91 414 79 00 Email: isofoton@isofoton.com

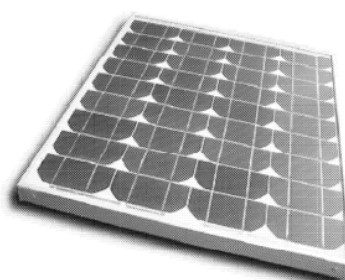
### MÓDULO FOTOVOLTAICO ISF - 60

#### ○ CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

DIMENSIONES	776 x 662 x 39,4 mm
PESO	6,5 Kg

#### ○ CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (1.000 W / m<sup>2</sup>, 25° C célula, AM 1.5)

POTENCIA MÁXIMA (P <sub>MAX</sub> )	60 W <sub>p</sub> +/- 10 %
CORRIENTE DE MÁXIMA POTENCIA (I <sub>MAX</sub> )	3,47 A
TENSIÓN DE MÁXIMA POTENCIA (V <sub>MAX</sub> )	17,3 V
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (I <sub>SC</sub> )	3,73 A
TENSIÓN DE CIRCUITO ABIERTO (V <sub>OC</sub> )	21,6 V
TONC (800 W / m <sup>2</sup> , 20° C, AM 1.5, 1 m / s)	47° C
MÁXIMO VALOR DEL FUSIBLE EN SERIE	10 A
TENSIÓN MÁXIMA DEL SISTEMA	1.000 V
COEFICIENTE DE TEMPERATURA DE V <sub>OC</sub>	-0,387% / K
COEFICIENTE DE TEMPERATURA DE I <sub>SC</sub>	0,0294% / K
COEFICIENTE DE TEMPERATURA DE P <sub>MAX</sub>	-0,48% / K



#### ○ CAJA DE CONEXIÓN

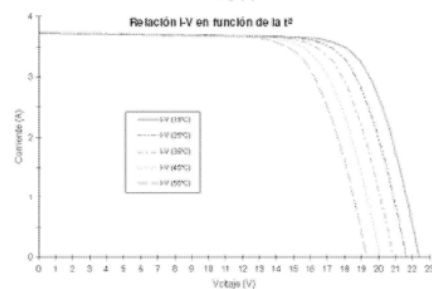
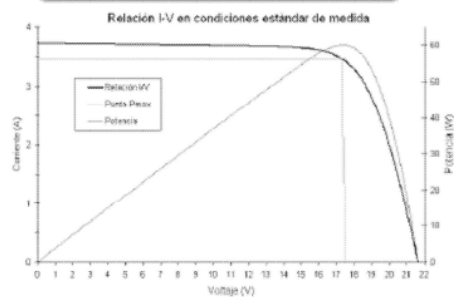
CAJAS DE CONEXIÓN	1 X IP 65 con diodo de bypass
TERMINAL DE CONEXIÓN	Bornera atornillable con posibilidad de soldadura

www.isofoton.com

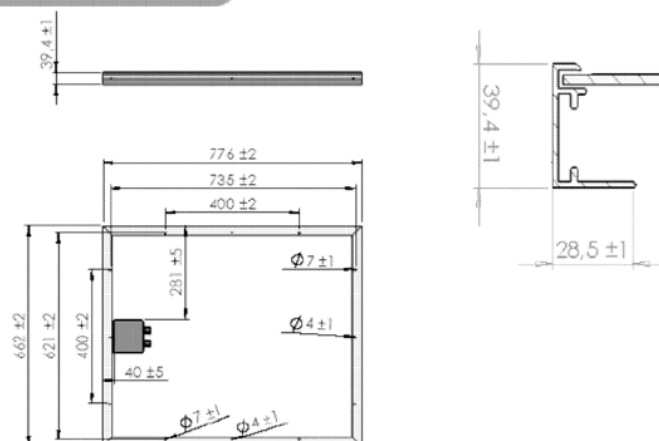
## CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

TIPO DE CÉLULA: Si MONOCRISTALINO, TEXTURADA Y CON CAPA ANTIRREFLEXIVA (Nitrato de Silicio)	156 x 156 mm (medias células)
CONTACTOS	Contactos redundantes, múltiples, en cada célula
Nº DE CÉLULAS EN SERIE	36 (medias células)
Nº DE CÉLULAS EN PARALELO	1
LAMINADO	EVA (etilen – vinil acetato)
CARA POSTERIOR	Protegida con Tedlar / Poliéster de varias capas
CARA FRONTAL	Vidrio templado y de alta transmisividad
MARCO	Aluminio anodizado
TOMA DE TIERRA	Sí
CERTIFICACIONES	IEC 61215 Ed. 2, IEC 61730 Clase II mediante certificado TÜV, CE

## CURVAS



## DIMENSIONES



## OBSERVACIONES

- 5 años de garantía de producto y 25 años de garantía de potencia. Para conocer más detalles, por favor, visite [www.isofoton.com](http://www.isofoton.com)
- Todas las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso. Para conocer más detalles, por favor, visite [www.isofoton.com](http://www.isofoton.com)

Edición: Noviembre 2008



**isofotón**  
*el sol al servicio del hombre*





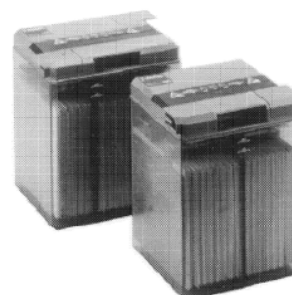


FÁBRICA: PARQUE TECNOLÓGICO ANDALUCIA (PTA) C/ Severo Ochoa, 50. 29590 Málaga (España) Tel: +34 951 23 35 00 Email: isofoton.m@isofoton.com  
 OFICINA COMERCIAL: ISOFOTÓN C/ Montalbán, 9. 28014 Madrid (España) Tel: +34 91 414 78 00 Fax: +34 91 414 79 00 Email: isofoton@isofoton.com

**BATERÍA ABIERTA DE VARILLA AV**

### ○ CARACTERÍSTICAS GENERALES

VIDA ÚTIL	8- 10 años para aplicaciones FV
VÁLVULAS DE SEGURIDAD	Si
ESTÁNDARES	DIN 40739
CERTIFICADOS	ISO 9001



### ○ CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

PLACAS POSITIVAS	De varilla con aleación Pb-Sb (1,6%)
PLACAS NEGATIVAS	Planas de rejilla con aleación Pb- Ca
SEPARADORES	Pasta y fibra
RECIPIENTE	Baterías monobloc: ABS, resistente a impactos, transparente Vasos independientes: SAN, resistente a impactos, transparente
ELECTROLITO	Ácido sulfúrico diluido d=1,24 Kg/l
BORNAS	Antifugas, reforzadas mediante cobre o latón
TORNILLERÍA DE CONEXIÓN	Acero resistente a la corrosión, M8 para las monobloc y M10 para los vasos independientes
CONEXIONES	Cobre macizo y totalmente aisladas
TAPONES DE SEGURIDAD	Antideflagrantes y parácidos
CARGA	De acuerdo a normas DIN 41733, DIN 41774, DIN 41776, DIN 41777
TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	0-55 ° C (temperatura recomendada 20° C)

www.isofoton.com

## ESPECIFICACIONES

MODELO	Tensión (V)	Capacidad a 25° C (Ah)		Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Peso con ácido (Kg)
		10 h (1,8 V)	100 h (1,85 V)				
12.AV.45	12	33	45	221	176	277	20.8
12.AT.68	12	50	68	221	176	277	24.8
12.AV.90	12	66	90	311	176	277	33.7
12.AV.136	12	100	136	389	176	277	45.6
12.AV.158	12	116	158	469	176	277	53.5
12.AV.204	12	150	204	553	176	277	65.5
6.AT.244	6	189	244	284	229	332	45.8
6.AT.279	6	216	279	284	229	332	48.7
6.AT.314	6	243	314	284	229	332	51.6

## OBSERVACIONES

• Todas las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso. Para conocer más detalles, por favor, visite [www.isofofon.com](http://www.isofofon.com)

Edición: Junio 2006



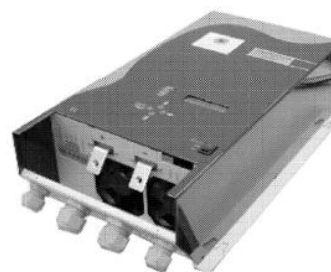


FÁBRICA: PARQUE TECNOLÓGICO ANDALUCÍA (PTA) C/ Severo Ochoa, 50. 29590 Málaga (España) Tel: +34 951 23 35 00 Email: isofoton.m@isofoton.com  
OFICINA COMERCIAL: ISOFOTÓN C/ Montalbán, 9. 28014 Madrid (España) Tel: +34 91 414 78 00 Fax: +34 91 414 79 00 Email: isofoton@isofoton.com

## INVERSOR AUTÓNOMO ISOVERTER 1500

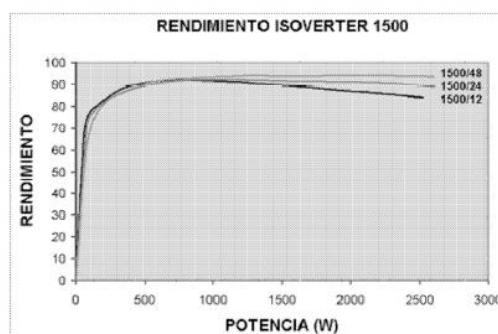
### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS

	ISOVERTER 1500 / 12	ISOVERTER 1500 / 24	ISOVERTER 1500 / 48
LARGO		400 mm	
ANCHO		210 mm	
PROFUNDO		115 mm	
PESO		5 Kg	
CONDICIONES DE EMBALAJE		1 inversor por caja	
TAMAÑO DEL EMBALAJE		600 x 350 x 255 mm	



### ALARMAS Y PROTECCIONES

ALARMAS LOCALES MEDIANTE LCD, LEDS Y SEÑAL ACÚSTICA	Alta y baja tensión de batería, sobrecarga y cortocircuito, sobretensión, inversión de polaridad
PROTECCIÓN CONTRA POLARIDAD INVERSA	Sí, mediante diodo inteligente de bajas pérdidas
PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA	Sí, temporizada en función de la potencia demandada
PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITO	Sí, temporizada (10 segundos)
PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIÓN	Sí
PROTECCIÓN CONTRA ALTA / BAJA TENSIÓN DE BATERÍA	Sí



www.isofoton.com

## CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

	ISOVERTER 1500 / 12	ISOVERTER 1500 / 24	ISOVERTER 1500 / 48
FORMA DE ONDA DE SALIDA	Senoidal pura		
TENSIÓN NOMINAL DE ENTRADA	12 V	24 V	48 V
RANGO DE TENSIÓN DE ENTRADA	10,8 - 16 V	21 - 32 V	40 - 62 V
POTENCIA NOMINAL DE SALIDA	1500 W		
TENSIÓN NOMINAL DE SALIDA	230 ó 120 V AC		
VARIACIÓN DE LA TENSIÓN DE SALIDA	≤ 5 %		
FRECUENCIA NOMINAL	50 / 60 Hz selectable por menú		
VARIACIÓN DE LA FRECUENCIA	≤ 1 %		
RENDIMIENTO CON CARGA	Aproximadamente 90 %		
DISTORSIÓN ARMÓNICA CON CARGA RESISTIVA	≤ 2 %		
FUNCIONAMIENTO EN STAND-BY	Detección ajustable (cargas ≥ 11 W)		
POTENCIA PICO ADMISIBLE	1800 W (10 min.); 2000 W (60 seg.); 3000 W (3 seg.)		
AUTOCONSUMO	< 3 W		

## CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

PARÁMETROS EN LCD ALFANUMÉRICO	Tensión de batería, tensión de salida, potencia instantánea consumida, temperatura, etc.
TROPICALIZACIÓN DE LOS CIRCUITOS	Sí
RANGO DE TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	0 - 45° C a plena carga
REARME DESCONEXIÓN SOBRETEMPERATURA Y TENSIÓN ALTA / BAJA	Automático
REARME DESCONEXIÓN CORTOCIRCUITO / SOBRECARGA	Reset manual
VENTILACIÓN	Sí, controlada por temperatura
CAJA	Aluminio
PINTURA	Epoxi al horno
GRADO DE ESTANQUEIDAD	Ip 20

## OBSERVACIONES

• Todas las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso. Para conocer más detalles, por favor, visite [www.isofoton.com](http://www.isofoton.com)

Edición: Junio 2006